



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# **Importância do correcto funcionamento de equipamentos electromecânicos numa empresa de tratamento e abastecimento de águas**

**João Filipe Lourenço Gomes Calais**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Electromecânica**  
(2º ciclo de estudos)

Orientadores: Prof. Doutor João Carlos De Oliveira Matias  
Prof. Doutor João Paulo Da Silva Catalão

**Covilhã, Abril de 2013**



# Dedicatória

Ao meu Filho, João Afonso, e à minha Mãe, Maria Cecília.





# Agradecimentos

Começo por agradecer aos meus Orientadores, Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias e Prof. Doutor João Paulo da Silva Catalão, pela disponibilidade, orientação, ajuda e incentivo incondicional, manifestado no desenvolvimento do presente trabalho.

A todos os colaboradores da empresa Águas de Trás os Montes e Alto Douro, que despenderam do seu tempo para me acompanharem na recolha de informação, sem a qual não teria sido possível concretizar este objectivo. Em especial, ao Engº José Boal Paixão, pela oportunidade concedida para incidir o presente trabalho na empresa AdTMAD, ao Engº Eduardo Lickfold, ao Engº Adolfo Figueiredo e à Engª Sónia Jesus pela abertura e disponibilidade manifestada na cedência de informação, sem que em algum momento me tenham negado qualquer esforço necessário para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À minha mãe, pelos ensinamentos transmitidos ao longo da vida e em particular pelas palavras de incentivo no decurso desta tarefa.

Por último, mas de enorme importância às duas pessoas que me acompanharam de perto neste trabalho, a minha esposa Jane Michelle e o meu filho João Afonso, pela paciência e tolerância com que me apoiaram e compreensão manifestada, pelos momentos de companhia e dedicação que lhes retirei no decurso da elaboração deste trabalho.



# Resumo

Na extrema concorrência dos mercados globais actuais, as organizações têm procurado vantagens competitivas nos mercados onde operam. Desta forma, as empresas tendem a identificar e eliminar perdas nos seus processos produtivos, de forma a atingirem uma posição competitiva de destaque que lhes permita a sobrevivência e crescimento. Em certos casos verifica-se que a falta de produtividade, nos processos produtivos das empresas, decorrentes da actividade de manutenção, têm-se revelado um factor limitador na busca pela melhoria dos processos e da qualidade dos produtos ou serviços prestados, em diversos segmentos industriais. As empresas na actualidade devem ser entendidas como uma cadeia de valores, onde a produção, a manutenção, a logística, e demais sectores, influenciam os resultados e objectivos de uma organização. A determinação dos objectivos desta cadeia deve estar directamente associada à capacidade das empresas em reduzir os seus custos de produção, tornando possível que os seus produtos e serviços atendam às necessidades e exigência do público-alvo.

Desta forma, no contexto actual, denota-se que a manutenção representa um papel de extrema importância nas organizações, permitindo manter a operacionalidade das instalações, a segurança, fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, máquinas e o próprio ambiente de trabalho, de maneira a garantir uma produtividade contínua de bens de alta qualidade, com vista a alcançar os objectivos delineados por cada organização. Verifica-se, ainda, que a falta de manutenção ou a manutenção inadequada, além da perda de competitividade, atrás referida, pode ainda provocar acidentes e problemas de higiene e saúde ocupacionais, aos intervenientes das organizações, sendo que alguns perigos resultam da natureza dos trabalhos desenvolvidos nesta área. Pelo exposto, verifica-se que a actividade de manutenção, dentro das organizações, representa um papel de extrema importância, quer ao nível da sua sustentabilidade, como ao nível da segurança dos intervenientes que operam nas mesmas.

Neste contexto, pretende-se desta forma analisar o processo de manutenção e correspondentes acções desenvolvidas aos equipamentos electromecânicos instalados numa empresa, que dedica a sua actividades ao tratamento e abastecimento de águas, bem como demonstrar a relevância e vital importância da prestação deste serviço na actividade da empresa, para que esta consiga atingir os objectivos, dentro do cumprimento do serviço público, a que se destina.

## Palavras-chave

Manutenção industrial, equipamentos electromecânicos, abastecimento e tratamento de águas.



# Abstract

In the extremely competitive global markets today, organizations have sought competitive advantage in the markets where they operate. Thus, companies tend to identify and eliminate waste in their production processes in order to achieve a competitive position of prominence that allows them to survival and growth. In some cases it appears that the lack of productivity in business processes, resulting from maintenance activity, have proved to be a limiting factor in the quest for process improvement and quality of product or service, in various industries. Companies at present should be understood as a value chain, where production, maintenance, logistics, and other sectors, influence outcomes and objectives of an organization. The determination of the objectives of this chain should be directly linked to the ability of firms to reduce their production costs, making it possible for their products and services meet the needs and demands of the target audience.

Thus, in the present context, denotes that maintenance represents a critically important role in organizations, allowing to maintain the operability of facilities, security, reliability and availability of equipment, machinery and work environment itself, so as to ensure a continued productivity of high-quality goods, in order to achieve the objectives outlined by each organization. There is also a lack of maintenance or improper maintenance, besides the loss of competitiveness, mentioned above, can lead to accidents and problems of hygiene and occupational health, the organizations involved, and some dangers resulting from the nature of the work developed in this field. From the foregoing it appears that the maintenance activity within organizations, represents an extremely important role, both in terms of its sustainability, as the level of safety of players operating in the same.

In this context, we intend to analyze in this way the maintenance process and corresponding actions to electromechanical equipment installed in an enterprise, which devotes its activities to treatment and water supply, as well as demonstrate the relevance and vital importance of providing this service activity in the company so that it can achieve the objectives within the fulfillment of the public service, it is designed.

# Keywords

Industrial maintenance, electromechanical equipments, supplies and water treatment.



# Índice

## Capítulo 1: Fundamentos do processo de investigação

1. Processo de investigação e abordagem metodológica .....	1
1.1. As fases do processo de investigação .....	2
1.1.1. Fase conceptual.....	2
1.1.2. Fase metodológica .....	3
1.1.2.1. Metodologia quantitativa .....	4
1.1.2.2. Metodologia qualitativa .....	4
1.1.2.2.1. Estudo de casos.....	5
1.1.2.3. Escolha do método .....	6
1.1.3. Fase empírica .....	6
1.1.4. Fase de interpretação e difusão .....	7
1.2. Modelo de investigação adoptado.....	7

## Capítulo 2: Enquadramento

2. Enquadramento em contexto actual .....	9
2.1. Objectivos .....	12
2.2. Estrutura do trabalho.....	13

## Capítulo 3: Revisão Bibliográfica

3. Revisão Bibliográfica .....	14
3.1. A evolução da manutenção, breve retrospectiva.....	14
3.2. Objectivos da manutenção .....	16
3.2.1. Recursos e gestão da manutenção .....	18
3.2.1.1. Gestão de equipamentos.....	19
3.2.1.2. Planeamento e programação de intervenções .....	19
3.2.1.3. Gestão de materiais e custo associado .....	22
3.2.2. Classificação das acções de manutenção .....	23
3.3. A importância de medir o desempenho da manutenção .....	25
3.3.1. As diferentes categorias de indicadores de manutenção .....	26
3.3.2. O indicador OEE - <i>Overall Equipment Effectiveness</i> .....	30
3.4. A estratégia para a manutenção .....	34
3.5. Políticas de manutenção.....	35
3.5.1. Política de manutenção correctiva .....	37
3.5.2. Política de manutenção preventiva.....	38
3.5.3. Política de manutenção preditiva.....	39
3.5.4. Política de manutenção detectiva .....	39

## Capítulo 4: Enquadramento e estrutura da manutenção

4. Enquadramento e estrutura da manutenção .....	40
4.1. Enquadramento da manutenção na indústria.....	40
4.1.1. A relação entre manutenção e o sector produtivo .....	41
4.1.2. A relação entre manutenção e o sector da qualidade .....	43
4.2. A necessidade de mudança no conceito da manutenção .....	44
4.2.1. O conceito TPM .....	45
4.2.2. Os pilares do TPM .....	48
4.2.3. A função da produção e da manutenção em contexto TPM.....	52
4.2.4. Factores que condicionam o sucesso do TPM.....	54

## Capítulo 5: Estudo de caso

5. Estudo de caso .....	58
5.1. Considerações iniciais .....	58
5.2. Descrição da empresa em estudo .....	61
5.3. Principais etapas dos processos do SAA e SAR .....	65
5.4. Organização estrutural da empresa.....	68
5.5. Organização do sector da manutenção da AdTMAD .....	70
5.5.1. Planeamento da manutenção.....	70
5.5.2. Organização e estrutura das políticas de manutenção na empresa .....	71
5.5.2.1. Organização da manutenção preventiva .....	71
5.5.2.1.1. Responsabilidade da Operação .....	72
5.5.2.1.2. Responsabilidade da Manutenção .....	75
5.5.2.2. Organização da manutenção correctiva .....	76
5.5.2.3. Organização da manutenção de melhoria.....	80
5.5.3. Prioridades na actividade da manutenção .....	81
5.5.4. Organização e Gestão de stocks no sector da manutenção .....	82
5.6. Descrição do processo e equipamentos de um subsistema pertencente ao SAA - Vale Douro Sul .....	83
5.6.1. Captação e Elevação .....	84
5.6.2. Tratamento de água em ETA .....	86
5.6.2.1. Pré-oxidação e remineralização .....	90
5.6.2.2. Coagulação/Floculação/Adsorção .....	92
5.6.2.3. Decantação lamelar .....	98
5.6.2.4. Filtração.....	99
5.6.2.5. Desinfecção final .....	103
5.6.2.6. Armazenamento de água na ETA .....	105
5.6.2.7. Elevação de água tratada .....	106
5.6.2.8. Tratamento de lamas .....	109
5.6.2.9. Equipamentos e instalação de apoio.....	111



5.6.3. Armazenamento de água em “alta” .....	113
5.6.4. Sistema adutor .....	117
5.6.4.1. Pontos de entrega .....	119
5.6.5. Considerações finais do SAA do Vilar .....	120
5.7. Descrição do processo e equipamentos de um subsistema pertencente ao SAR - Vale Douro Sul .....	129
5.7.1. Drenagem e elevação .....	130
5.7.2. Tratamento de águas residuais em ETAR .....	134
5.7.2.1. Tratamento preliminar / gradagem .....	136
5.7.2.2. Tratamento biológico .....	139
5.7.2.3. Decantação secundária .....	140
5.7.2.4. Tratamento de lamas .....	142
5.7.3. Considerações finais do SAR do Vilar .....	145
5.8. Indicadores de desempenho no sector da manutenção .....	150
5.9. Análise crítica ao sector da manutenção .....	156
 <b>Capítulo 6: Conclusão</b>	
6. Conclusão .....	161
6.1. Considerações finais .....	161
6.2. Proposta para trabalhos futuros .....	167
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	168



# Lista de Figuras

## Capítulo 1: Fundamentos do processo de investigação

Figura 1.1 - Processo de investigação para o presente trabalho .....	8
--	---

## Capítulo 2: Enquadramento

Figura 2.1 - Impacto da adopção de práticas correctas de manutenção.....	10
--	----

## Capítulo 3: Revisão Bibliográfica

Figura 3.1 - Lista de objectivos para a manutenção industrial .....	18
Figura 3.2 - Gestão do planeamento e programação da manutenção .....	21
Figura 3.3 - Lista de indicadores de desempenho para a manutenção .....	28
Figura 3.4 - Índices de desempenho com associação de perdas, conforme metodologia OEE .	32
Figura 3.5 - As políticas de manutenção adoptadas para os equipamentos .....	36

## Capítulo 4: Enquadramento e estrutura da manutenção na indústria

Figura 4.1 - A função da manutenção no sector produtivo dentro de uma empresa .....	42
Figura 4.2 - Objectivo operacional do TPM.....	46
Figura 4.3 - Pilares do TPM.....	50
Figura 4.4 - Contributo do sector da manutenção e operação para as actividades da manutenção .....	54
Figura 4.5 - Influência de algumas acções de manutenção autónoma nas organizações.....	57

## Capítulo 5: Estudo de caso

Figura 5.1 - Região de actuação da AdTMAD, com representação das sub-regiões e seus municípios .....	63
Figura 5.2 - Etapas gerais do processo do SAA e SAR .....	67
Figura 5.3 - Organigrama geral da empresa.....	68
Figura 5.4 - Organigrama específico do sector da manutenção .....	69
Figura 5.5 - Exemplo de uma instrução de trabalho em uso na AdTMAD .....	73
Figura 5.6 - Exemplo de um plano de manutenção de 1º nível .....	74
Figura 5.7 - Exemplo de um plano de manutenção de 2º e 3º nível .....	76
Figura 5.8 - Diagrama funcional da actividade da manutenção .....	77
Figura 5.9 - Modelo adoptado para as ordens de trabalho da manutenção .....	79
Figura 5.10 - Representação da aplicação informática para a gestão da actividade da manutenção.....	80
Figura 5.11 - Área de concessão da AdTMAD no SAA pertencente ao Vale Douro Sul.....	83
Figura 5.12 - Instalação da captação de água na Albufeira do Vilar.....	84
Figura 5.13 - Quadro eléctrico de apoio aos equipamentos afectos à captação .....	85

Figura 5.14 - Meio de acesso à plataforma da captação .....	85
Figura 5.15 - Edifício de exploração da ETA .....	86
Figura 5.16 - Sala de comando e operação da ETA .....	88
Figura 5.17 - Sinóptico do sistema de gestão e controlo da ETA .....	89
Figura 5.18 - Sinóptico de controlo e gestão do subsistema adutor do SAA do Vilar .....	89
Figura 5.19 - Tanque de água bruta com representação dos equipamentos de medição .....	90
Figura 5.20 - Representação do equipamento de ozonização.....	91
Figura 5.21 - Tanque de remineralização .....	91
Figura 5.22 - Reservatórios de dióxido de carbono e oxigénio.....	92
Figura 5.23 - Tanque de mistura rápida .....	93
Figura 5.24 - Tanque de mistura lenta .....	93
Figura 5.25 - Controlador e sonda de medição de PH .....	94
Figura 5.26 - Armazenamento e preparação de reagentes .....	94
Figura 5.27 - Equipamentos para adição do coagulante .....	95
Figura 5.28 - Equipamento para preparação e adição de floculante .....	96
Figura 5.29 - Preparação do reagente de leite de cal.....	97
Figura 5.30 - Equipamentos para adição de leite de cal.....	97
Figura 5.31 - Equipamento de preparação e adição de carvão em pó activado .....	98
Figura 5.32 - Decantador lamelar .....	99
Figura 5.33 - Filtros de areia e equipamentos afectos .....	100
Figura 5.34 - Grupo de electrobombas para lavagem dos filtros .....	101
Figura 5.35 - Grupo de compressores para lavagem dos filtros.....	101
Figura 5.36 - Saída de água dos filtros para o reservatório de armazenamento em ETA .....	102
Figura 5.37 - Compressor de ar comprimido de serviço à ETA.....	102
Figura 5.38 - Sala de armazenamento de cloro.....	103
Figura 5.39 - Torre de neutralização de cloro .....	104
Figura 5.40 - Equipamentos e rede de adição de cloro .....	104
Figura 5.41 - Laboratório de análises na ETA .....	105
Figura 5.42 - Estação elevatória de adução à rede de Moimenta da Beira e Tabuaço .....	106
Figura 5.43 - Estação elevatória de adução à rede de Sernancelhe .....	107
Figura 5.44 - Grupo de compressores afectos aos RAC .....	108
Figura 5.45 - Central hidropressora de serviço à ETA .....	108
Figura 5.46 - Tanque primário de lamas .....	109
Figura 5.47 - Tanque secundário de lamas com representação dos equipamentos instalados	110
Figura 5.48 - Unidade de centrifugação de lamas .....	111
Figura 5.49 - Unidade de preparação de polielectrólito .....	111
Figura 5.50 - Grupo gerador de serviço à ETA .....	112
Figura 5.51 - Grupo gerador de serviço ao SAA do Vilar .....	112
Figura 5.52 - Oficina de manutenção na ETA do Vilar.....	113
Figura 5.53 - Instalações do ROM .....	113

Figura 5.54 - Equipamentos de controlo do nível de água no ROM .....	115
Figura 5.55 - Quadro eléctrico de apoio aos equipamentos do ROM.....	115
Figura 5.56 - Equipamentos para elevação de água à povoação de Cabeças.....	116
Figura 5.57 - Equipamentos para elevação de água à povoação de Cabaços.....	117
Figura 5.58 - Estação elevatória de Leomil .....	118
Figura 5.59 - Grupo de electrobombas elevatórias .....	118
Figura 5.60 - Quadro eléctrico da estação elevatória e medidor e conversor de caudal .....	119
Figura 5.61 - Ponto de entrega e equipamentos instalados na povoação de Alvite .....	120
Figura 5.62 - Área de concessão da AdTMAD no SAR pertencente ao Vale Douro Sul.....	129
Figura 5.63 - Sinóptico de controlo e gestão do subsistema adutor do SAR do Vilar .....	130
Figura 5.64 - Instalações da estação elevatória .....	131
Figura 5.65 - Tanque de entrada das águas residuais na estação elevatória.....	131
Figura 5.66 - Instalação das electrobombas e bóias de comando da estação elevatória .....	132
Figura 5.67 - RAC e compressor de serviço à estação elevatória.....	133
Figura 5.68 - Quadro eléctrico da estação elevatória .....	133
Figura 5.69 - Instalação geral da ETAR.....	134
Figura 5.70 - Sinóptico do sistema de gestão e controlo da ETAR .....	135
Figura 5.71 - Quadro eléctrico de comando e potência da ETAR.....	136
Figura 5.72 - Tanque de entrada dos efluentes residuais, com representação dos equipamentos instalados .....	137
Figura 5.73 - Unidade compacta de tratamento preliminar.....	138
Figura 5.74 - Tanque de tratamento biológico com representação dos equipamentos .....	139
Figura 5.75 - Decantador secundário .....	141
Figura 5.76 - Descarga do efluente tratado para o rio Távora.....	141
Figura 5.77 - Laboratório de análises instalado na ETAR do Vilar.....	142
Figura 5.78 - Decantador gravítico e respectivos equipamentos instalados.....	143
Figura 5.79 - Unidade centrífuga de desidratação de lamas .....	144
Figura 5.80 - Unidade de preparação e transporte de polímero .....	144
Figura 5.81 - Equipamento de transporte de lamas da unidade centrífuga para o contentor.	145
Figura 5.82 - Análise SWOT ao sector da manutenção da AdTMAD .....	157



# Lista de Tabelas

## Capítulo 3: Revisão Bibliográfica

Tabela 3.1 - Manutenção numa perspectiva temporal .....	16
Tabela 3.2 - Classificação específica de acções de manutenção por níveis .....	24
Tabela 3.3 - Percentagem a atingir para os indicadores da actividade de manutenção .....	29
Tabela 3.4 - As seis perdas nos equipamentos identificadas pela metodologia OEE.....	31

## Capítulo 5: Estudo de caso

Tabela 5.1 - Principais acções de manutenção aos equipamentos da captação .....	122
Tabela 5.2 - Principais acções de manutenção aos equipamentos da ETA do Vilar .....	123
Tabela 5.3 - Principais acções de manutenção aos equipamentos do Reservatório e Ponto de entrega .....	127
Tabela 5.4 - Principais acções de manutenção aos equipamentos da Estação elevatória .....	128
Tabela 5.5 - Principais acções de manutenção associadas aos equipamentos afectos à estação elevatória .....	147
Tabela 5.6 - Principais acções de manutenção aos equipamentos afectos à ETAR .....	150
Tabela 5.7 - Percentagem de avarias atendidas dentro do prazo para intervenção.....	151





## Lista de Acrónimos

AdP	Águas de Portugal
AdTMAD	Águas de Trás os Montes e Alto Douro
AFNOR	Association Française de Normalisation
ARP	Age Replacement Policy
BRP	Block Replacement Policy
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
HPP	Hedging Point Policy
ISO	International Organization for Standardization
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
PERSU	Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos
RAC	Reservatório de Ar Comprimido
ROM	Reservatório Origem Moimenta
ROS	Reservatório Origem Sernancelhe
RSU	Resíduos sólidos Urbanos
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAR	Sistema de Águas Residuais
SWOT	Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System



# Capítulo 1

---

## Fundamentos do processo de investigação

Pretende-se com este capítulo descrever as técnicas e processos reconhecidos de investigação científica, com o objectivo de pautar um caminho estrutural, que permita definir um método de pesquisa a seguir ao longo do presente trabalho.

# **1. Processo de investigação e abordagem metodológica**

A investigação científica é um método de aquisição de conhecimentos que permite encontrar respostas para questões precisas. As definições existentes na literatura sobre o tema diferem muitas vezes entre si, mas estão de acordo quanto a definirem a investigação como uma estratégia ou um processo racional visando a aquisição de conhecimentos. O processo consiste em examinar fenómenos com vista a obter respostas a determinadas questões que se deseja aprofundar. A investigação científica distingue-se de outros tipos de aquisição de conhecimentos pelo seu carácter sistemático e rigoroso.

De maneira mais precisa, a investigação é definida por KERLINGER (1973), como um método empírico, sistemático e controlado que serve para verificar hipóteses, no que concerne a presumidas relações entre fenómenos naturais. A investigação pressupõe neste caso a predição e o controlo dos fenómenos, que são objecto da experimentação, assim como da verificação de hipóteses.

SEAMAN (1987) definiu a investigação científica como um processo sistemático de recolha de dados observáveis e verificáveis no mundo empírico, isto é, no mundo que é acessível aos nossos sentidos, com vista a descrever, explicar ou controlar fenómenos. Esta definição tem a vantagem de considerar diversos níveis ou funções de investigação relacionadas com os conhecimentos de que se dispõe sobre um determinado assunto.

BURNS e GROVE (2001) definem a investigação como um processo sistemático, visando validar conhecimentos já adquiridos e produzir novos, que de forma directa ou indirecta, influenciarão a prática. Além do exposto, engloba não só, as investigações estritamente objectivas, como também as que se apoiam em métodos subjectivos, sendo ao mesmo tempo rigorosas e sistemáticas. O rigor indissociável da investigação científica permite assegurar que a representação que é dada da realidade seja fiel aos factos ou aos fenómenos.

O método fornece à investigação o seu carácter sistemático, definido como um conjunto de processos racionais tendentes a um fim específico. Todas estas definições de investigação implicam que a aquisição de novos conhecimentos esteja subordinada ao estabelecimento ou à verificação de teorias. A investigação é necessária a qualquer tema, como forma de produzir conhecimentos, que directa ou indirectamente, terão incidência sobre a prática.

Segundo FORTIN (2006), para se levar a bom termo um trabalho de investigação, é necessário exercitar o pensamento a pensar, observar e a ler, fazendo prova de um espírito crítico, com recurso a textos reconhecidos de interesse científico.

## **1.1. As fases do processo de investigação**

Existem diversas formas de conceber um processo de investigação. No entanto, este processo requer acima de tudo que o investigador seja capaz de conceber o problema de investigação, de elaborar um plano que justifique as técnicas e os meios utilizados para obter a informação desejada, de recolher de forma sistemática dados juntos dos intervenientes do caso em estudo, permitindo a sua análise e interpretação dos resultados, assim como de os difundir. Usualmente na literatura científica, o desenvolvimento do processo é abordado e descrito, segundo os conceitos apresentados, repartidos por quatro fases: conceptual, metodológica, empírica e de interpretação/difusão. Cada uma delas engloba um certo número de etapas, que deverão ser lineares, com excepção da fase conceptual, que exige um retrocesso no processo, a fim de delimitar com mais precisão o tema em estudo. Devido à sua relevância, serão de seguida abordadas de uma forma sucinta as fases que englobam o processo de investigação.

### **1.1.1. Fase conceptual**

Esta fase consiste em definir os elementos de um problema. O investigador deve elaborar conceitos, formular ideias e recolher documentação sobre um tema preciso, com vista a chegar a uma concepção clara do problema. Esta fase inicia com a escolha de um tema de estudo, a partir da qual a investigação será orientada.

Para se definir claramente a questão de investigação, é por vezes necessário ler obras e artigos científicos para conhecer o estado da questão e obter informação sobre as principais teorias ou modelos existentes sobre a temática em estudo. Esta fase revela-se de uma extrema importância no processo, em virtude de conferir à investigação uma orientação e um objectivo. Esta fase subdivide-se em cinco etapas, nomeadamente; escolha do tema, revisão da literatura, elaboração do quadro de referências, formulação do problema e a formulação dos objectivos que fundamentam a investigação.

A escolha do tema de estudo é uma das etapas mais importantes do processo de investigação, porque influencia o desenrolar das etapas seguintes. De um modo geral, o investigador escolhe um tema do seu interesse, seja pessoal ou profissional, usualmente associado à constatação ou observação de uma realidade que interessa aprofundar. A revisão da literatura, usualmente associada a estudos publicados em jornais ou revistas científicas, fornece informações que permitem relacionar o tema de investigação com o que já foi feito nessa área. A revisão da literatura torna-se indispensável, não apenas para definir correctamente o problema em estudo, mas também porque confere uma ideia precisa sobre os conhecimentos, as lacunas e a contribuição da investigação para o desenvolvimento do tema a investigar (BURNS e GROVE, 2003). Um quadro de referência pode ser definido como

uma estrutura formada por uma ou várias teorias ou conceitos, que se reúnem em conjunto, devido às relações que eles têm com o problema de investigação a definir. Assim, o quadro de referências serve de base à formulação do problema de investigação e estabelece a maneira como o estudo será conduzido. Segundo NORWOOD e HABER (2002), o quadro de referência fornece uma base teórica à formulação das hipóteses, às observações, à definição das variáveis, ao desenho e à interpretação dos resultados. No que respeita à formulação do problema, o investigador deve apresentar o seu tema de estudo, definindo as características principais que pretende visar. Aqui, devem ser descritos os elementos do problema e os dados factuais, através de uma argumentação que se baseia nas informações teóricas e empíricas, tentando fornecer uma resposta à questão de investigação. Por fim a etapa de formulação dos objectivos encerra a fase conceptual. Aqui deve ser consagrado o fundamento para a investigação de um determinado tema, através da definição do que se pretende atingir com o estudo em causa. Num artigo de investigação, tal como numa dissertação de mestrado, bem como nas teses de doutoramento, o enunciado do objectivo coloca-se na continuação da formulação do problema ou da revisão da literatura. Na maioria dos casos, o próprio título do artigo ou do relatório de investigação confere uma ideia sobre o objectivo que se pretende alcançar.

### **1.1.2. Fase metodológica**

Esta fase caracteriza-se pela definição dos meios para realizar a investigação. É no decurso desta fase que o investigador determina a sua maneira de proceder para obter as respostas às questões de investigação ou verificar as hipóteses. A natureza do método adoptado varia segundo o objectivo de estudo, mediante se pretenda descrever um fenómeno ou explorar e verificar associações entre variáveis. Nesta fase o investigador deve garantir a fidelidade dos dados recolhido como forma de obter resultados fiáveis.

Uma metodologia de investigação pressupõe ao mesmo tempo um processo racional e um conjunto de técnicas ou de meios que permitam realizar a investigação. Duas dessas metodologias são distinguidas na literatura científica: a metodologia quantitativa e a metodologia qualitativa. Estas metodologias devem estar de acordo com diferentes fundamentos filosóficos que sustentam uma investigação. A investigação requer uma descrição e uma explicação dos fenómenos, apoiados em técnicas como a entrevista não dirigida, de acordo com a orientação escolhida, assim como, irá implicar uma explicação das relações entre os fenómenos e empregar métodos de recolha de dados que estejam relacionados com a respectiva orientação do estudo em causa.

### **1.1.2.1. Metodologia quantitativa**

Esta metodologia foca as causas objectivas dos fenómenos, apelando à dedução, à lógica e à medida. É baseada na observação de factos, de acontecimentos e de fenómenos objectivos e comporta um processo sistemático de recolha de dados observáveis e mensuráveis. Nesta metodologia, o investigador percorre um processo racional que o conduz a uma série de etapas, desde a definição do problema de investigação à medida dos conceitos e à obtenção dos resultados. A objectividade, o controlo e a generalização são características desta metodologia.

Esta metodologia assenta na base de que a verdade é absoluta e que os factos e os princípios existem independentemente do seu contexto. Segundos os investigadores, para compreender plenamente um fenómeno é melhor decompô-lo nos seus elementos constituintes e identificar as relações entre eles do que considerá-lo na sua totalidade (NORWOOD, 2000). Neste tipo de metodologia, o investigador define as variáveis de forma operacional, recolhendo metodicamente dados variáveis junto dos participantes e analisa-os com recurso a técnicas estatísticas.

### **1.1.2.2. A metodologia qualitativa**

Esta metodologia faz uso do raciocínio indutivo e tem como finalidade chegar a uma compreensão alargada dos fenómenos. O investigador observa, descreve, interpreta e aprecia os fenómenos tais como se apresentam, sem realizar medições nem controlos. O objectivo desta metodologia é descrever o que observa e contribuir para a sua optimização. A compreensão entre o investigador e os participantes é essencial neste processo de investigação.

Segundo PAILLÉ (1996), a investigação qualitativa é designada por qualquer investigação que tem como objectivo compreender os fenómenos tal como eles se apresentam no meio, que recolhe dados não requerendo nenhuma quantificação, tais como os que provêm da entrevista, da observação e da recolha de documentos, que tem em consideração a natureza qualitativa em estudo e que conduz à exposição de um relato ou à formulação de uma teoria. A forma de actuar pode ser modificada no decurso desta metodologia de investigação. O investigador interage com os participantes do processo que vivenciam o fenómeno em estudo, suportando-se em documentos escritos sobre o tema.

O investigador participa na recolha de dados no terreno, sendo os instrumentos que utiliza, as entrevistas, a observação, documentos impressos e apontamentos de campo (DESLAURIERS e KÉRISIT, 1997). Nesta metodologia deve ser garantido para o resultado final, que os dados e os pontos de vista recolhidos reflectem a realidade em estudo e não uma distorção influenciada pelo ponto de vista do investigador.

Planificar uma investigação científica, destina-se a organizar os diferentes elementos essenciais para a realização do estudo. As etapas do processo nesta metodologia, não são lineares, a ordem dos diferentes elementos pode variar, com excepção da ideia de partida. A revisão da literatura pode ser feita antes, durante e no fim do estudo. No entanto, por uma razão óbvia, a recolha de dados e a sua análise deve ser realizada em simultâneo ou em sucessão.

A utilização da metodologia qualitativa em estudos de investigação, tem como objectivo principal descrever um problema e defini-lo, isto é, explorar em profundidade um conceito que leva à descrição de uma experiência ou à atribuição de um significado para essa experiência (BRINK, 1998).

Este método de pesquisa é descrito por um conjunto flexível de linhas orientadoras, que relacionam os paradigmas teóricos com as estratégias de pesquisa e os métodos de recolha de dados empíricos. Esta metodologia relaciona o investigador com contextos específicos, quer sejam; pessoas, grupos, instituições e materiais relevantes, nomeadamente, documentos e arquivos.

No que concerne à estratégia de pesquisa, esta compreende um conjunto de capacidades, pressupostos e práticas que o investigador aplica no desenvolvimento do seu estudo. As estratégias de pesquisa colocam o investigador em contacto com métodos específicos de recolha e análise de dados empíricos, que integram e orientam os estudos de caso, através de técnicas fenomenológicas, etnográficas ou teorias fundamentadas.

Cada uma destas estratégias e técnicas deve estar relacionada com a literatura específica utilizada para o caso da investigação em particular.

#### **1.1.2.2.1. Estudo de casos**

Para REICHARDT e COOK (1986), LINCOLN e GUBA (1985), COLÁS (1998), BOGDAN e BIKLEN (1992), o estudo de caso é um dos métodos mais comuns na investigação qualitativa.

Segundo os autores, o estudo de caso consiste num exame detalhado de uma situação ou acontecimento. Existem diversas modalidades de estudo de casos, podendo ser diferenciadas pelas características e procedimentos que adoptam para a sua pesquisa (COLÁS, 1998). Entre esses destacam-se:

- i) Estudo de casos ao longo do tempo - permitem o estudo de um fenómeno, sujeito ou situação a partir de diferentes perspectivas temporais;
- ii) Estudo de casos observacionais - caracterizam-se pelo recurso à observação participante, podendo referir-se a diversos temas;
- iii) Estudo de comunidades - consistem na descrição e compreensão de uma determinada comunidade educativa (escolas, instituições, agrupamentos);
- iv) Estudo etnográficos - desenvolvem-se em pequenas unidades organizativas ou numa actividade específica organizativa;



- v) Estudos de casos múltiplos - estudam dois ou mais sujeitos, situações ou fenómenos.
- vi) Estudos multi-situacionais - aplicam-se no desenvolvimento de uma teoria, exigindo a exploração de muitas situações e casos práticos.

GUBA E LINCOLN (1985) consideram que o estudo de caso constitui uma metodologia válida porque proporciona densas descrições da realidade que se pretende estudar. Este método permite uma maior interacção entre o investigador e o contexto prático em estudo, favorecendo a comunicação entre os participantes, através do intercâmbio da realidade apresentada (COLÁS,1992).

### **1.1.2.3. Escolha do método**

Pela descrição formulada anteriormente sobre cada metodologia, verifica-se que a investigação qualitativa introduz uma nova dimensão, que consiste em procurar compreender o significado dos testemunhos feitos pelos participantes em relação às suas experiências práticas. Enquanto a investigação quantitativa examina conceitos precisos e as suas relações mútuas, com vista a uma eventual verificação da teoria e da generalização dos resultados, a investigação qualitativa explora fenómenos e visa a sua compreensão alargada, com vista à elaboração de teorias. A escolha do método depende da orientação que o investigador quer dar ao seu trabalho, das suas crenças e sobretudo, da natureza da questão em estudo.

### **1.1.3. Fase empírica**

Esta fase corresponde à recolha de dados no terreno, à sua organização e análise. Nesta fase, o plano estruturado na fase metodológica é implementado. As técnicas de análise usadas podem variar segundo a natureza dos dados. Uma vez os resultados de investigação apresentados, as etapas seguintes consistem em interpretá-los, reportando-os ao quadro conceptual e em registá-los. Esta fase pode necessitar de muito tempo, dependente da importância dos problemas potenciais no terreno. Existem diversos métodos de recolha de dados, nomeadamente a formulação de entrevistas, o diálogo informal com os intervenientes no objecto de estudo, o registo fotográfico e áudio, entre outros. A escolha do método depende de questões da investigação, das hipóteses e até dos conhecimentos de que se dispõe sobre o tema em estudo. Nesta fase é definida a maneira como se vão recolher os dados, assim como as diligências a fazer com vista à obtenção das autorizações necessárias para realizar o estudo de caso. Após a recolha dos dados, é necessário organizá-los, tendo em vista a sua análise.

Nesta fase, o ciclo de investigação deve-se encontrar concluído, existindo agora necessidade de formular a fase de interpretação e difusão.

#### **1.1.4. Fase de interpretação e difusão**

Nesta fase, o investigador deve empenhar-se em explicar os resultados, apoiando-se em teorias e trabalhos desenvolvidos nessa matéria. A interpretação tenta expor o significado dos resultados. Aqui, os resultados são interpretados a partir das questões de investigação ou das hipóteses formuladas. Se os resultados correspondem às hipóteses de investigação, o quadro teórico encontra-se reforçado, caso contrário, este quadro encontra-se manifestamente afectado. Ainda nesta fase, revela-se conveniente descrever os efeitos que os resultados estão susceptíveis de trazer à prática, bem como a formulação de recomendações para investigações futuras.

No que respeita à difusão, é referido e consensual na literatura científica, que se trata de uma tarefa que os investigadores deverão satisfazer no final do estudo. Qualquer que seja o seu significado, o resultado obtido revelar-se-á de pouca utilidade para a comunidade em geral se não for comunicado a outros investigadores ou a eventuais utilizadores. Existem diversas formas de divulgação dos resultados obtidos. As mais comuns na comunidade científica são, a apresentação dos resultados em colóquios, conferências científicas ou a publicação em jornais e revistas sobre o tema investigado.

As etapas aqui apresentadas fazem idealmente parte do processo de investigação. No entanto, isto não significa que o processo seja completamente linear, tal como apresentado.

Desta forma, na etapa de formulação do problema, é necessário fazer a revisão da literatura, focando o tema de investigação. As etapas compreendidas na fase metodológica precedem as fases de recolha e análise de dados, bem como a fase de interpretação que decorrerá consoante os problemas formulados e encontrados no estudo de caso.

### **1.2. Modelo de investigação adoptado**

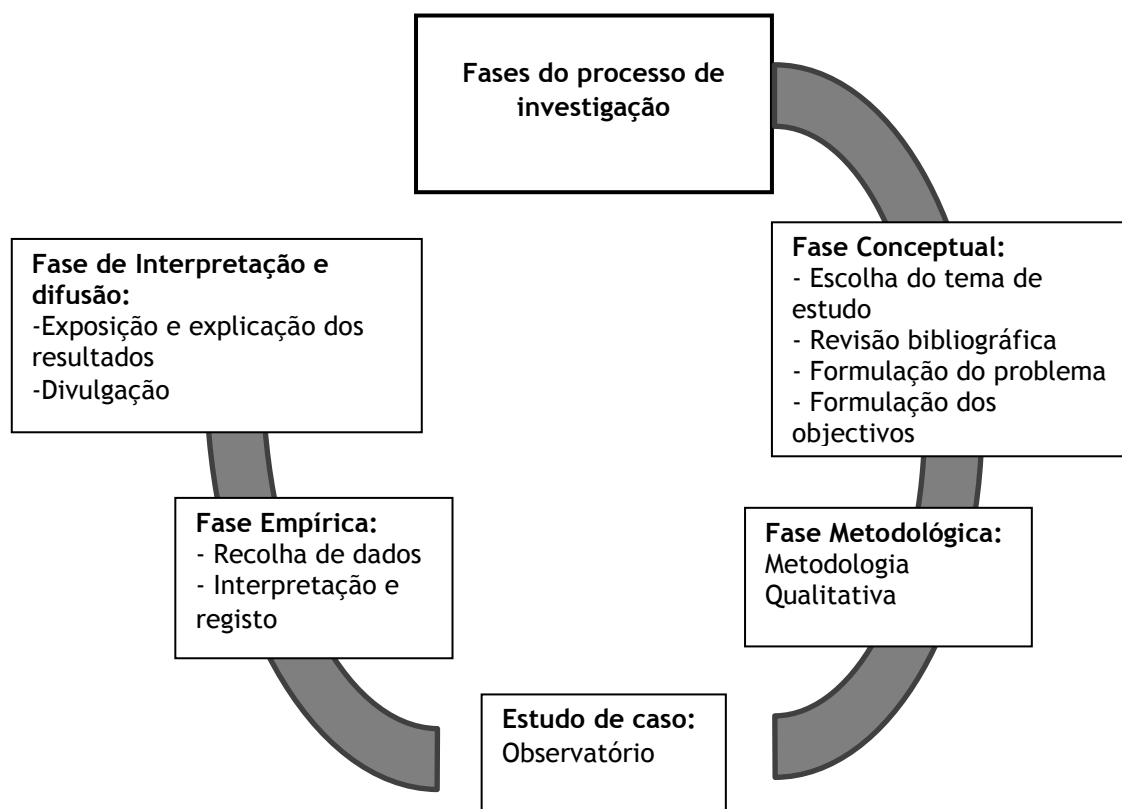
Os fundamentos e etapas que conduzem um processo de investigação, anteriormente abordados, pressupõem um guia de orientação para o desenvolvimento e condução do presente estudo. Através desta visão metodológica procurou-se um entendimento para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, discutido a partir de um modelo padrão que tem sido vastamente abordado na literatura específica, voltada para as questões de método e técnicas usadas numa investigação. Desta forma, o objectivo pretendido neste capítulo, não foi de modo algum, trazer para a discussão as metodologias científicas, num contexto alargado das mesmas, mas sim, utilizar estas técnicas de investigação científica para a

definição e enquadramento de um caminho a percorrer durante todo o desenvolvimento desta pesquisa.

Pretendeu-se que a mesma, fosse desenvolvida segundo conhecimentos adquiridos, assim como, pela utilização de métodos, técnicas e outros procedimentos aceites e reconhecidos pela academia científica.

Com base nos conhecimentos adquiridos sobre um processo de investigação, foram elaboradas as etapas que conduzem à realização e discussão do presente estudo, pela formulação de uma estrutura, conforme se apresenta na figura 1.1.

No que respeita à metodologia adoptada, atendendo aos objectivos delineados para o presente trabalho, optou-se por considerar e aplicar a metodologia qualitativa, atendendo aos conceitos que a caracterizam.



**Figura 1.1** - Processo de investigação para o presente trabalho.  
**Fonte:** Própria

# Capítulo 2

---

## Enquadramento

Pretende-se com este capítulo demonstrar a importância da actividade de manutenção nas organizações, e de que forma a adequada visão sobre este sector pode contribuir para o sucesso empresarial, atendendo ao aumento produtivo, qualidade dos produtos/serviços e capacidade competitiva das empresas.

## 2. Enquadramento em contexto actual

Actualmente as empresas de produção ou transformação definem as suas estratégias de negócio e prioridades competitivas baseadas em vários factores relacionados com os seus sistemas de produção, tais como, a produtividade, a flexibilidade e a qualidade. Como consequência, a manutenção desempenha um papel crucial para garantir a disponibilidade e confiabilidade das instalações (COETZEE, 1997; MADU, 2000; FLEISCHER *et al.*, 2006). Desta forma, a formulação de políticas de manutenção adequadas permite que as empresas consigam alcançar os seus objectivos. Esta necessidade de melhorar o desempenho dos sistemas de produção, fez com que a manutenção seja entendida como um contributo importante para a competitividade das empresas. Para os autores, MADU e COOKE (2000), a manutenção de equipamentos e a confiabilidade dos sistemas revelam-se factores importantes, que afectam a capacidade das organizações na prestação de serviços de qualidade em tempo útil aos clientes, o que lhes permite estar à frente da concorrência.

Ainda segundo os autores, a manutenção revela-se vital para o desempenho sustentável de qualquer empresa.

Cada vez mais, as empresas estão consciencializadas para a necessidade crítica de implementarem uma política de manutenção adequada às instalações e equipamentos de produção (LUXHOJ *et al.*, 1997; STEPHEN, 2000; CHOLASUKE *et al.*, 2004; MEULEN *et al.*, 2008). As instalações industriais, máquinas e equipamentos estão cada vez mais avançados tecnologicamente, bem como mais complexas e difíceis de controlar. Novos métodos de gestão, tal como o *just in time*, o uso de sistemas automatizados e integrados fizeram com que os sistemas de produção se tornassem cada vez mais vulneráveis e susceptíveis a riscos e avarias (LUCE, 1999; VINHA *et al.*, 2000; HOLMBERG, 2001).

Pelo exposto, denota-se que a função da manutenção nas empresas tornou-se essencial para que uma organização mantenha a sua competitividade (AL-NAJJAR e ALSYOUF, 2004).

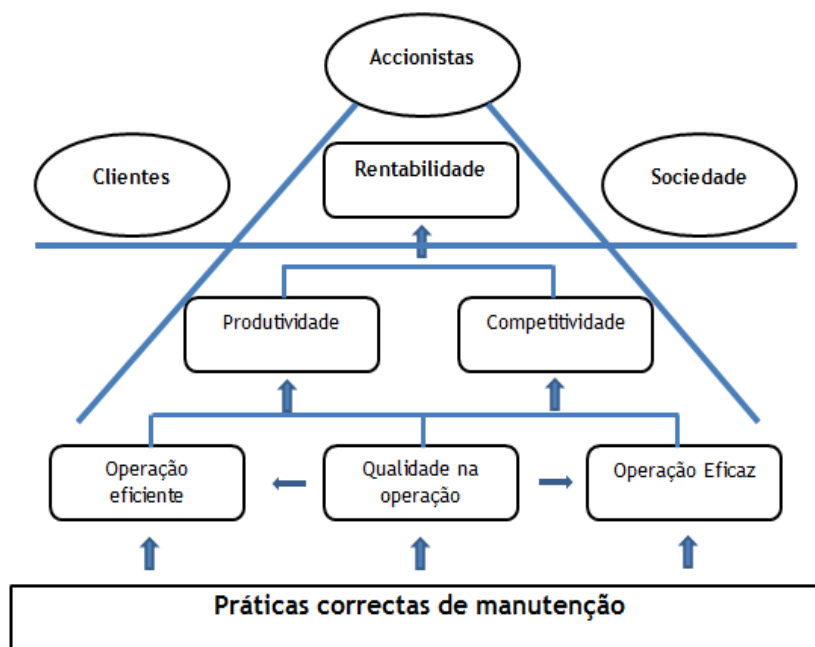
Sem uma manutenção adequada aos equipamentos instalados, qualquer unidade fabril vai perder competitividade nos mercados actuais, onde se exigem produtos de baixo custo, com alta qualidade e prazos de entrega reduzidos, (STEPHEN, 2000; SWANSON, 2001, 2003; CHOLASUKE *et al.*, 2004).

Ainda segundo ZHU *et al.*, (2002), o processo de manutenção contribui directamente para as empresas, em termos de lucro, qualidade, tempo e serviço prestado aos clientes.

Portanto, a função de manutenção tornou-se essencial para que uma organização mantenha a sua competitividade (AL-NAJJAR e ALSYOUF, 2004).

Segundo estudos realizados, o desperdício de energia na indústria dos Estados Unidos da América, resultante de avarias ou manutenção inadequada a redes e equipamentos de produção de ar comprimido, resulta num custo anual de 3,2 biliões de dólares para as empresas (BOB, 2007). Práticas de manutenção adequadas podem contribuir para o desempenho empresarial global, através do seu impacto sobre a qualidade, a eficiência e a

eficácia das operações realizadas numa empresa. Estas práticas podem contribuir para o aumento da produtividade e competitividade de uma organização, o que se revelará rentável a longo prazo (ALSYOUF, 2004). Consequentemente, accionistas, clientes e a sociedade podem ser afectados positivamente, conforme é ilustrado na figura 2.1.



**Figura 2.1-** Impacto da adopção de práticas correctas de manutenção  
**Fonte:** (Adaptado de Alsyouf, 2009)

Desta forma, denota-se que a manutenção é um factor estratégico para garantir a elevada produtividade de sistemas industriais, sendo que actualmente, a atitude para com a manutenção, mudou. Tendo sido já considerada como um mal necessário é agora reconhecida como um agente importante para o crescimento das organizações, sendo um aliado para alcançar a competitividade (WAEYENBERGH e PINTELON, 2002).

Embora a crise económica global tenha forçado as empresas a reduzir custos dentro da sua actividade, o desenvolvimento de políticas na área de manutenção tem revelado ser um importante contributo para a necessidade de realizar acções de manutenção adequadas, como forma de garantir a eficiência das empresas, em termos de qualidade, disponibilidade e operacionalidade das instalações. Por esta razão, verifica-se que o conceito de manutenção, e a forma como esta é vista no seio das organizações, evoluiu significativamente ao longo do tempo, tendo a pesquisa nesta área contribuído para este fim (FACCIO, PERSONA, SGARBOSSA e ZANIN, 2012).

Na verdade, o planeamento e execução de acções de manutenção adequadas revela-se como um objectivo para as empresas, que visam melhorar a disponibilidade e confiabilidade dos sistemas de produção, com intenção de maximizar a produtividade, qualidade do produto e a segurança das operações, com vista a minimizar os custos totais com a manutenção.

No ambiente industrial actual, com o surgimento de sistemas mais complexos e autónomos de produção, verifica-se que avarias inesperadas têm conduzido ao aumento do custo nos processos produtivos. Pelo que SWANSON (1999) refere que este cenário demonstra a importância e necessidade de uma manutenção mais cuidada e dedicada, tentando evitar paragens indesejadas, que se traduzam em falta de produtividade e consequentemente no incumprimento dos objectivos demarcados.

Contudo, cerca de um terço total dos custos de manutenção têm sido desperdiçados devido à forma inadequada e em alguns casos desnecessária, como a actividade de manutenção tem sido planeada e executada (MOBLEY, 2002). Existe portanto a necessidade de desenvolver uma actividade de manutenção eficiente e estratégica, de forma a criar uma estrutura que permita a conservação dos equipamentos e do sistema, mantendo os processos em óptimas condições de laboração. Com o passar do tempo e com a própria utilização dos equipamentos, estes vão-se degradando. Perante esta degradação, caso não sejam tomadas medidas adequadas de conservação, conduzirá inevitavelmente a um fracasso e ao correspondente tempo de inactividade produtivo, o que se traduzirá em prejuízo para as organizações. A literatura científica define a manutenção em dois tipos genéricos: manutenção correctiva, que é executada após uma falha no sistema, e manutenção preventiva, que tem como objectivo evitar essa mesma falha, incidindo sobre inspecção, detecção e prevenção de falhas incipientes (WANG *et al.*, 2007).

Desta forma WANG (2012), refere que a manutenção preventiva, correctamente planeada e executada, revela ser mais eficiente e positiva, do que a manutenção correctiva, no que respeita não só aos custos com a própria acção, bem como para a própria actividade produtiva das empresas. Ainda neste cenário de crise económica actual, onde se verifica uma retracção pela decisão de novos investimentos por parte das empresas, denota-se que a função da manutenção preventiva assume um papel importante na conservação dos equipamentos existentes, permitindo a operacionalidade e fiabilidade dos mesmos, por um período mais longo.

Nas últimas décadas, verifica-se que muitos investigadores se têm debruçado sobre a área de manutenção, com vista a garantir a segurança e confiabilidade, tentando diminuir a frequência e gravidade das avarias, bem como os próprios custos inerentes à manutenção (ZHOU *et al.*, 2007; JIN *et al.*, 2009; TOPAL e RAMAZAN, 2010). Desta forma denota-se uma crescente necessidade das empresas em adoptarem métodos e políticas adequadas de manutenção que lhes permita eliminar custos indesejáveis no sector produtivo, e desta forma, tornarem-se mais competitivas com redução de custos de processo. Como anteriormente referido a manutenção industrial adequada, torna-se assim um factor essencial para a eficácia e sustentabilidade das empresas.

Com base nos conceitos pesquisados na literatura científica, anteriormente apresentados, que justificam a importância da manutenção para as organizações, serão de seguida definidos os objectivos delineados para a realização do presente trabalho.

## **2.1. Objectivos**

Com base na metodologia e processo de organização estrutural descrita no primeiro capítulo e adoptada para esta dissertação, bem como, pelo referencial teórico pesquisado, pretende-se demonstrar de que forma o sector e actividade da manutenção pode contribuir para o sucesso empresarial e em que medida representa uma parte integrante e fundamental na promoção das sinergias organizativas. Para além do exposto pretende-se através de uma análise crítica à estrutura de gestão e organização da manutenção da empresa em estudo, contribuir para a optimização dos processos em causa.

Desta forma, através do estudo do sector da manutenção na empresa em foco, pretende-se demonstrar a importância da implementação e execução de práticas de manutenção adequadas como forma de promover a sustentabilidade, cumprimento dos objectivos e sucesso na execução dos planos de investimento actualmente em vigor para o sector de abastecimento de água e tratamento de águas residuais.



## **2.2. Estrutura do trabalho**

No primeiro capítulo são descritos os fundamentos, técnicas, métodos e etapas que conduzem o processo de investigação e metodologia seguida para atingir os objectivos propostos para a presente dissertação. No segundo capítulo é apresentado o enquadramento do tema em contexto actual, os objectivos e fundamento prático para a realização deste trabalho, assim como a estrutura do mesmo. No terceiro capítulo é feita a revisão bibliográfica, com base na literatura científica pesquisada, onde é apresentada uma breve abordagem à evolução histórica da actividade da manutenção industrial, com a consequente definição dos objectivos gerais para este sector de actividade. Neste capítulo é ainda caracterizada e descrita de uma forma genérica toda a envolvimento de gestão e planeamento da manutenção industrial, a classificação das acções de manutenção por níveis, a definição de indicadores e a importância de medir o desempenho da manutenção. Este capítulo termina com uma abordagem à estratégia a adoptar para a manutenção e com a apresentação das políticas de manutenção industrial. O quarto capítulo é iniciado com o enquadramento específico e a posição do sector da manutenção em contexto industrial. Aqui é feita uma abordagem à relação entre o sector da manutenção e os sectores de produção e qualidade, com incidência para a importância na definição de estruturas organizativas adequadas que promovam o envolvimento de todos os sectores na manutenção, como factor de sucesso das organizações. Por último, neste capítulo é feita uma abordagem à filosofia TPM, com destaque para os benefícios e factores que podem condicionar o sucesso das práticas que formulam esta filosofia. No quinto capítulo é feita a caracterização e enquadramento do sector de actividade da empresa em estudo. Numa primeira abordagem, pretende-se demonstrar quais os objectivos específicos da actividade da empresa, e em que medida a adequada actividade do sector da manutenção, representa um pilar para que a empresa possa atingir os seus objectivos e garantir a sua sustentabilidade a curto, médio e longo prazo. De seguida, com base nos conceitos pesquisados na literatura científica, é feita uma descrição da organização estrutural do sector de manutenção da empresa, com incidência sobre o planeamento da actividade da manutenção, a gestão de stocks do sector, e como estão implementadas as políticas de manutenção pela empresa, com incidência sobre as prioridades e níveis de urgência nas tarefas de manutenção executadas. De seguida é feita uma descrição pormenorizada sobre os processos produtivos e equipamentos instalados, com especial destaque para as principais acções de manutenção realizadas. Por último, neste capítulo é feita uma abordagem aos indicadores da manutenção, com a posterior análise crítica ao sector e actividade de manutenção na empresa em estudo. O sexto capítulo destina-se à conclusão. Aqui é feito um resumo das ilações retiradas no decurso do presente trabalho, que justificam a importância do sector da manutenção para a empresa em estudo, com a consequente proposta de melhorias para o mesmo. Por último, são apresentadas propostas para trabalhos futuros, que se pensa poderem vir a complementar o presente trabalho.

# Capítulo 3

---

## Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é feita uma abordagem genérica ao conceito e objectivos estratégicos para a manutenção, com especial abordagem à gestão e planeamento deste sector. Aqui, são ainda classificadas as acções e políticas de manutenção usualmente adoptadas nas organizações industriais. Por último, é feita referência a importância de medir o desempenho da manutenção e são formulados os indicadores para este sector. A pesquisa das principais teorias aqui abordadas permitiram definir a estrutura utilizada para atingir os objectivos propostos com o presente estudo de caso.

## **3. Revisão Bibliográfica**

### **3.1. A evolução da manutenção, breve retrospectiva.**

Na era em que o homem começou a criar instrumentos e a desenvolver máquinas para a produção de bens de consumo, a manutenção foi emergindo como uma necessidade para responder às exigências dos mercados, tendo acompanhado a evolução técnico-industrial da humanidade, desenvolvendo-se com as mudanças nos perfis produtivos.

No final do século XIX, com a mecanização da indústria, surgiu a necessidade das primeiras reparações, sendo que até ao ano de 1914, a manutenção era desprezada e deixada para segundo plano, sendo executada pelo mesmo efectivo da operação.

Com o surgimento da produção em série, implementada por Henry Ford, as fábricas passaram a estabelecer mínimos de produção. Em consequência, surge a necessidade de criar equipas que possam executar reparações nas máquinas produtivas no menor tempo possível.

Desta forma, surge um órgão subordinado à operação, cujo objectivo básico era a execução da chamada manutenção correctiva.

Após a Segunda Guerra Mundial, com o aumento da necessidade de uma produção mais ágil e confiável, verificou-se que as intervenções correctivas, não se revelavam suficientes nem satisfatórias para alcançar os objectivos das empresas. Desta forma, a manutenção preventiva surgia, não só para corrigir falhas, mas também para evitá-las, permitindo rentabilizar o tempo da operação em produção efectiva.

Após a década de 50, verifica-se uma grande evolução na aviação comercial e na indústria electrónica. Com a manutenção preventiva baseada na estatística, em horas ou períodos de trabalho, verificou-se que o tempo despendido para diagnosticar avarias era superior ao tempo gasto para realizar as reparações. Neste sentido, os órgãos de gestão de topo das empresas, resolveram criar equipas de especialistas, a que denominaram “Engenharia de Manutenção”, tendo como função o planeamento e controlo da manutenção preventiva, debruçando-se sobre a análise das causas e efeitos das avarias.

A introdução alargada de computadores ao serviço das empresas, o fortalecimento das Associações Nacionais de Manutenção e o desenvolvimento de instrumentos de protecção e medição, fizeram com que a Engenharia de Manutenção passa-se a desenvolver critérios mais sofisticados de manutenção, unidos a sistemas automatizados de planeamento e controle, reduzindo os serviços burocráticos aos técnicos de manutenção.

Estas actividades induziram o desmembramento da Engenharia de Manutenção que passou a ser composta por duas equipas, com funções distintas; a primeira, responsável por estudos de ocorrências crónicas, e a segunda, responsável pelo planeamento e controlo da manutenção. Esta última surge com a finalidade de desenvolver, implementar e analisar os

resultados dos serviços de manutenção, utilizando sistemas informáticos como ferramenta de suporte.

No início da década de 70, a preocupação das organizações recai sobre os custos do processo da gestão de manutenção, tendo sido desenvolvida uma técnica que se debruçou sobre o estudo deste tema, tendo ficado conhecida como *terotecnologia*.

Esta técnica desenvolveu a capacidade de combinar os meios financeiros, estudos de confiabilidade, avaliações técnico-económicas e métodos de gestão, de modo a obter ciclos de vida dos equipamentos mais longos e menos dispendiosos. O conceito de *terotecnologia* verifica-se ser a base da actual manutenção centrada no negócio, onde os custos norteiam as decisões na área da manutenção e as decisões estratégicas das empresas.

Esta postura é fruto dos novos desafios que se apresentam para as empresas neste novo cenário de economia global, altamente competitivo, onde as mudanças sucedem em alta velocidade, e onde a manutenção surge como uma das actividades fundamentais do processo produtivo, como agente pró-activo nas organizações (Kardec, 2002).

Ainda na década de 70, denota-se o surgimento do conceito TPM - *Total Productive Maintenance*, estabelecendo como objectivo a maximização da disponibilidade dos equipamentos para a produção, através da meta zero avarias, com a consequente eliminação das perdas de produção, através do envolvimento e participação de todos os intervenientes da organização no sector da manutenção.

Com o desenvolvimento dos microcomputadores na década de 80, as áreas de manutenção passaram a ser apoiadas por *softwares* dedicados à actividade, o que permitiu melhorar o processamento das informações, diminuindo a dependência e disponibilidade humana para executar as tarefas de gestão de manutenção. Ainda nesta década, em virtude da consciencialização da importância da manutenção pelas empresas, verifica-se que o sector de planeamento e controlo da manutenção passou a ter um lugar de destaque na supervisão geral de produção, em virtude da introdução de tarefas de manutenção realizadas pelos operadores de máquinas e equipamentos produtivos.

No final da década de 80, com as novas exigências para o aumento da qualidade dos produtos e serviços, pelos consumidores, a manutenção passou a ser um elemento importante no desempenho e fiabilidade dos equipamentos. Este reconhecimento foi formalmente atribuído, quando em 1993, a organização ISO - *International Organization for Standardization*, revê a norma ISO 9000, onde incluiu a função manutenção no processo de certificação, validando a área de manutenção como sendo um contributo importante para as estruturas organizacionais, no incremento da qualidade, aumento da confiabilidade operacional, redução de custos e redução de prazos de produção e entrega, garantindo a segurança do trabalho e da preservação do meio ambiente.

No final do século passado, a manutenção passou a ter um grau de importância equivalente ao que já vinha sendo dado à operação. Como consequência, o planeamento e controlo da manutenção, passou a desempenhar uma função estratégica dentro da área de

produção, através do registo de informações e análise de resultados, auxiliando a gestão da produção e operação, na tomada de decisão.

Na tabela 3.1, é apresentada de uma forma sucinta, a evolução histórica do conceito manutenção nas últimas décadas, onde se denota uma mudança de mentalidade por parte das organizações para com a manutenção. Tendo estas, passado a reconhecer o sector da manutenção como um aliado de extrema importância para o sucesso empresarial.

< 1950	1950 - 1975	> 1975	→ 2000 →
Mão de obra - simples	Mecanização - complexa	Automação - aumenta a complexidade	Globalização - tecnologia de informação e comunicação.
Conceito "Repara-se quando avariar"	Conceito "Eu produzo, Tu reparas"	Conceito "Manutenção não tem uma função isolada"	Conceito "Manutenção é um parceiro interno e externo da produção"
Manutenção é uma tarefa da operação	Manutenção passa a ser uma tarefa do Dep. de manutenção. Conceitos de disponibilidade, custo, manutenção preventiva, são introduzidos.	Manutenção passa a ter importância no âmbito da qualidade e segurança. Aposta na confiabilidade e manutibilidade.	A importância e necessidade da manutenção, introduz o conceito "outsourcing"
"Mal necessário"	"Importância técnica"	"Contributo para a obtenção de lucros"	"Parceiro estratégico"

Tabela 3.1 - Manutenção numa perspectiva temporal

Fonte: (Adaptado de Geert Waeyenbergh e Liliane Pintelon, 2001)

## 3.2. Objectivos da manutenção

Antes de iniciarmos a abordagem sobre os objectivos da manutenção nas organizações, interessa definirmos genericamente o que é a manutenção.

Desta forma, segundo os autores, a manutenção é definida como uma combinação de todas as actividades técnicas e administrativas, necessários para manter máquinas, equipamentos, instalações e outros activos físicos na condição de operação desejada ou recuperá-los para essa condição (PINTELON *et al.*, 1997; PINTELON e VANPUYVELDE, 2006).

Segundo TSANG, (1998), a manutenção incorpora as decisões e acções de engenharia necessárias, para a optimização de um determinado equipamento, capacitando-o para realizar uma função específica dentro de uma gama de níveis de desempenho relacionadas com a taxa de qualidade e a sua capacidade de resposta.

A deterioração de equipamentos, máquinas e instalações, resulta da utilização e operação dos mesmos, sendo que a sua degradação começa a ocorrer a partir do comissionamento de qualquer instalação produtiva. Além da deterioração, resultante do desgaste normal provocado pela utilização dos equipamentos, outras falhas podem ocorrer, especialmente quando os equipamentos são forçados para além dos limites para os quais

foram projectados, ou ainda devido a erros operacionais. Face ao exposto, o aumento do tempo de inactividade dos equipamentos, os problemas de qualidade, a perda de velocidade produtiva, os riscos de segurança ou de contaminação ambiental, tornam-se resultados óbvios. Todos estes resultados têm o potencial de afectar negativamente o custo operacional, rentabilidade, satisfação dos clientes e produtividade, entre outras consequências. Para garantir que uma instalação produtiva opera na condição necessária ideal, cumprindo com o custo de produção estipulado e a rentabilidade esperada, o sector de manutenção tem de tomar decisões conscientes sobre os objectivos e estratégias de manutenção que são necessários adoptar, para que os objectivos da organização possam ser alcançados.

Desta forma, denota-se que a estratégia e objectivos da manutenção não devem ser determinados de forma isolada, mas sim derivados de factores, tais como; a política da empresa no que respeita à produção, bem como de outras exigências e restrições definidas nas organizações (SWANSON, 1997; JOHNSON e LESSHAMAR, 1999; SWANSON 2001; PINJALA *et al.*, 2006). Segundo os autores, KELLY, (1989); TSANG, (1999); VISSER e PRETORIOUS, (2003), os objectivos da manutenção devem estar directamente relacionados com as metas definidas para a produção, considerando a disponibilidade necessária, qualidade requerida, dentro dos limites e segurança estabelecidos para o sistema. Segundo DEKKER, (1996), os recursos de manutenção devem ser utilizados atendendo a determinados factores, tais como; promover a conservação e operacionalidade dos equipamentos de produção, garantir que a instalação e os equipamentos atingem o ciclo de vida de projecto, cumprindo as normas de segurança, garantir a optimização do uso de energia e utilização de matérias-primas no processo produtivo.

Desta forma, os objectivos da manutenção podem ser resumidos em cinco itens, conforme se apresenta na figura 3.1; garantir a funcionalidade da instalação, assegurando a disponibilidade, confiabilidade e qualidade ao produto; assegurar o ciclo de vida útil, para o qual a instalação foi projectada e concebida; garantir a segurança da instalação, no que respeita a operações e ambiente; promover a rentabilidade e redução de custos na actividade; garantir o uso eficaz de recursos energéticos e das matérias-primas.

Considerando o exposto, verifica-se que a manutenção interage directamente com todos os sectores de actividade numa empresa. Promovendo não só a disponibilidade e conservação de meios operativos, como também, a própria segurança humana, material e ambiental dentro das instalações produtivas.

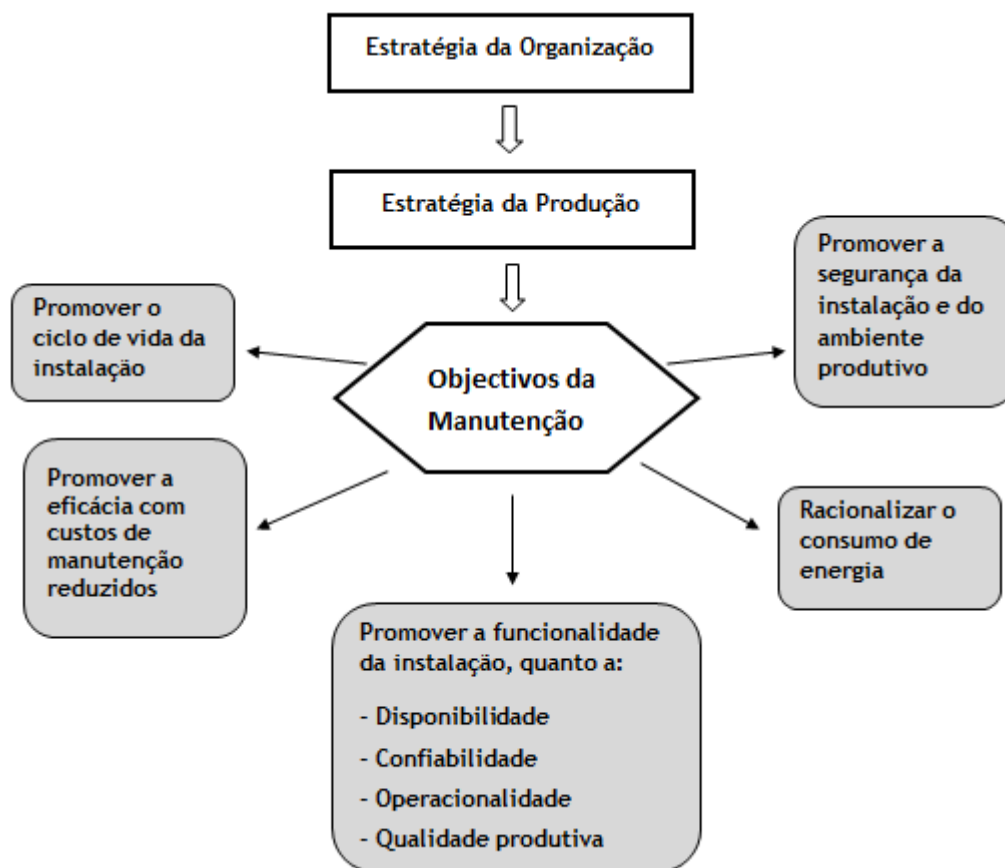


Figura 3.1 - Lista de objectivos para a manutenção industrial

Fonte: (Adaptado de P. Muchiri, L. Pintelon, L. Gelders e H. Martin, 2010)

### 3.2.1. Recursos e gestão da manutenção

Para que a área de manutenção possa cumprir com os objectivos dentro de uma organização, esta deve dispor de um conjunto de meios, humanos e materiais, com os quais será possível realizar acções sobre máquinas ou equipamentos de acordo com a política de manutenção pré-definida, permitindo otimizar o ciclo de vida dos mesmos.

As intervenções de manutenção, seja qual for a política adoptada, incorporam uma elevada componente de mão-de-obra e de materiais, dos quais resultam dois tipos de gestão necessários; gestão de meios humanos e a gestão de meios materiais.

Desta forma, recai sobre o gestor de manutenção a responsabilidade de gerir os meios colocados à sua disposição, de maneira a conseguir atingir os objectivos pré-estabelecidos para o sector de manutenção. Segundo CAMPBELL (1995), dentro dessa responsabilidade de gestão, podem ser destacados; O planeamento, que envolve a elaboração dos planos de manutenção, preparação e programação dos trabalhos a executar, definindo os meios

necessários, a duração das intervenções e os métodos operatórios a utilizar; A Execução, que permite a realização das intervenções de acordo com o planeamento, preparação e programação dos trabalhos estabelecidos, garantindo o prazo e qualidade da acção executada; O controlo de custos, que permite o apuramento dos custos associados à mão-de-obra e materiais envolvidos na respectiva intervenção; A Gestão de stocks de materiais afectos à área de manutenção, sejam de uso corrente ou diária, assim como de peças de reserva; A gestão humana, na coordenação e distribuição dos activos pela tipologia da intervenção, orientada no sentido de estimular e promover a motivação e formação adequada aos seus activos.

Considerando a sua importância, serão de seguida abordados em detalhe, três tipos de responsabilidade de gestão inerentes ao sector da manutenção.

### **3.2.1.1. Gestão de equipamentos**

Para que a gestão da manutenção possa realizar uma correcta e eficaz gestão dos equipamentos produtivos, revela-se necessário reunir e organizar informações fundamentais, necessárias a cada equipamento produtivo. Desta forma, torna-se fundamental criar um arquivo técnico individualizado, que inclua informações sobre cada máquina ou equipamento, permitindo a eficácia do processo de gestão da manutenção.

Dentro da informação que deve constar nesse arquivo, destacam-se; os dados técnicos dos equipamentos, o registo de componentes ou de peças de reserva, o histórico de avarias, a localização de cada equipamento dentro da instalação, os custos particulares de cada intervenção, considerando os custos de mão-de-obra e materiais, os efeitos resultantes da paragem de um equipamento para o processo produtivo, as medidas de segurança a tomar, referente aos riscos de cada intervenção de manutenção, os planos de manutenção preventiva, com os respectivos planos de lubrificação, o histórico das acções de manutenção correctiva, e por fim, os custos associados a cada intervenção.

### **3.2.1.2. Planeamento e programação de intervenções**

A optimização dos recursos de manutenção depende directamente de uma estrutura adequada, para planear, programar e executar tarefas inerentes à actividade do sector.

O planeamento das acções de manutenção deve ser iniciado com a emissão do pedido de manutenção, pelo agente que solicita a intervenção, com a consequente emissão de uma ordem de serviço, que deve conter o detalhe completo da acção a executar. Esta ordem de serviço deve incluir os recursos necessários para a execução da tarefa, tais como, mão-de-obra, materiais e serviços complementares necessários para a execução da mesma, bem como informações sobre a duração da intervenção, definição de prioridades, a data e hora prevista



para o início e fim da intervenção, assim como as tarefas pertinentes e a sua sequência de execução.

Por forma a tornar a gestão do planeamento de manutenção eficaz, os seguintes aspectos devem ser atendidos:

- i) O responsável pelo planeamento da manutenção deve ter autoridade para tomar decisões que influenciem a carga de trabalho dos recursos disponíveis, no que respeita à definição de prioridades;
- ii) Devem existir e estar disponíveis informações corretas e actualizadas sobre a carga de trabalho e recursos disponíveis;
- iii) As áreas de responsabilidade e as linhas de comunicação entre os vários níveis de planeamento devem ser definidas com clareza.

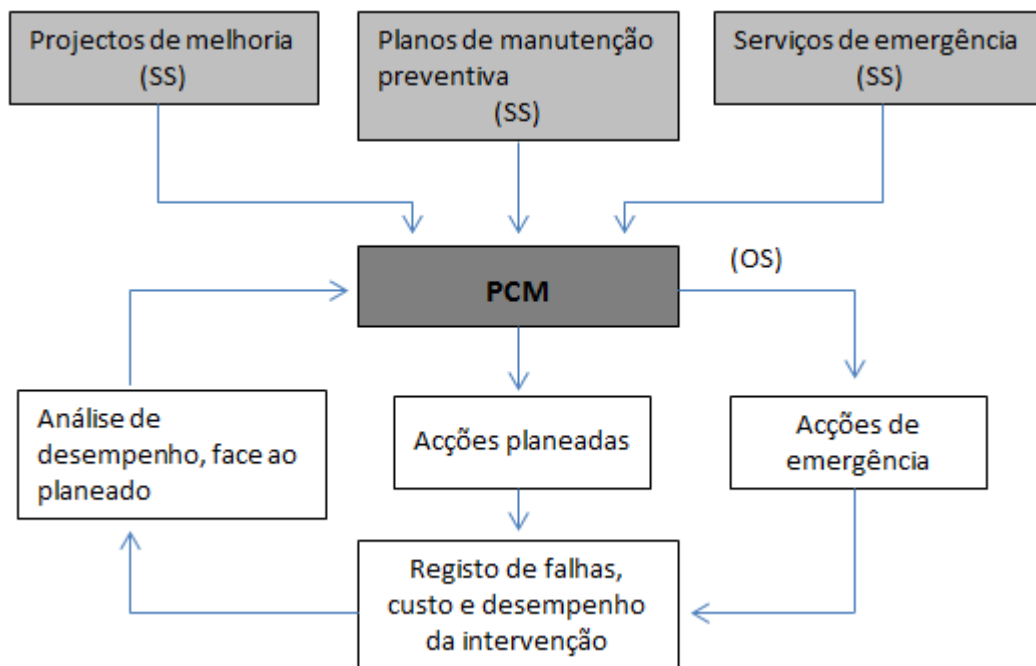
A fase de programação consiste na preparação dos serviços, alocação da mão-de-obra, tempo de intervenção, bem como da avaliação de desempenho dos executantes de cada intervenção. A programação das grandes intervenções, nomeadamente em período de paragem produtiva, pode significar um intenso conjunto de actividades que envolvem o trabalho conjunto de meios próprios, bem como de prestadores de serviços. Por esta razão, o sucesso das intervenções depende de uma coordenação, planeamento e programação eficaz, onde os custos, qualidade e prazos, devem ser tidos em conta nessa coordenação.

Desta forma, segundo KELLY e HARRIS (1998), fazem parte das funções de gestão, planeamento e programação da manutenção, as seguintes actividades:

- i) Elaborar uma escala de trabalho de manutenção preventiva temporal;
- ii) Atender aos pedidos de alteração e melhoria dos equipamentos produtivos;
- iii) Responder às paralisações e serviços de emergência, com a intervenção correctiva necessária.

Neste cenário, a gestão do planeamento e programação da manutenção pode ser sistematizada, conforme se apresenta na figura 3.2.

Tal como proposto por KELLY e HARRIS (1998) o PCM - planeamento e controlo da manutenção, deve atender a três tipos de solicitações de serviços (SS); projectos de melhoria, programação de manutenção preventiva e resposta a avarias inesperadas.



**Figura 3.2** - Gestão do planeamento e programação da manutenção  
**Fonte:** (Adaptado de Kelly e Harris, 1998)

Pela análise da figura anterior, e tal como anteriormente referido denota-se que o planeamento e programação da manutenção, assume uma função de extrema importância para o sucesso da gestão da manutenção.

Denota-se que após recepção da solicitação de serviços (SS), o PCM, é responsável por desencadear todos os procedimentos que conduzam à realização desse mesmo pedido, não só através da emissão das consequentes ordens de serviço (OS), para realização das acções de manutenção correctiva, como também, desencadear as acções de manutenção planeada e serviços de melhoria. Verifica-se ainda, como função do PCM a recolha e recepção de informação importante sobre o resultado da execução das acções que deverá fazer parte do histórico do equipamento em causa, permitindo desta forma melhorar o desempenho das acções futuras. Dentro desta informação, podemos destacar; o desempenho operativo, o tempo real da intervenção, a eventual falha ou desvios ao planeamento e programação da intervenção, os materiais aplicados e o respectivo resumo da acção desencadeada.

### **3.2.1.3. Gestão de materiais e custo associado**

A gestão de materiais para o serviço de manutenção revela ter uma importância fundamental no desempenho da sua função. No entanto, podemos verificar que contrariamente à gestão de materiais necessários para execução de acções de manutenção preventiva, onde os materiais são previamente conhecidos, quer na sua quantidade, como na sua necessidade temporal, a gestão de materiais necessários à execução das acções de manutenção correctiva revela-se mais complexa, resultante da falta de conhecimento exacto, quer da sua necessidade temporal, assim como, do tipo de peças e materiais de reserva necessários. Desta forma revela-se importante, através de um histórico de avarias, criar um stock de materiais de substituição que permita atempadamente dar resposta às solicitações, no sentido de reabilitar os equipamentos à sua condição operativa, no menor tempo possível.

Pelo exposto, verifica-se que a correcta gestão de stocks para a manutenção deve tomar em conta os seguintes aspectos:

- i) A formulação de stocks para a manutenção deve seguir a política implementada pela empresa para a gestão de materiais, considerando uma análise de risco para a definição de stocks mínimos de segurança, sistemas de armazenamento e controlo de stocks;
- ii) Padronização de materiais e peças de reserva, incluindo a sua especificação técnica;
- iii) Uniformização de procedimentos para armazenamento, entrega e inspecção de materiais;
- iv) Criação de contractos de parceria e fidelização de fornecedores, promovendo sempre que possível a implementação de stocks sob consignação.

Importa referir devido à sua relevância, que o custo resultante da adopção de stocks de materiais de reserva pela manutenção, pode representar uma parcela considerável nos custos globais de uma empresa. Sendo que o custo inerente ao stock existente, resulta da quantidade e valor dos artigos e equipamentos existentes, pelo que deverão ser minimizados em relação às necessidades reais resultantes da política da manutenção aplicada na empresa.

Desta forma, podemos concluir que o stock de peças de reserva só deve ser justificado, quando o seu custo se revele inferior ao que resultaria para a empresa, no caso da inexistência de stock.

### **3.2.2. Classificação das acções de manutenção**

A manutenção para atingir as suas metas, efectua trabalhos destinados a prevenir e resolver avarias de funcionamento em equipamentos que asseguram ou apoiam a actividade produtiva. Desta forma, em virtude da tipologia de prevenção ou acção de intervenção a realizar, estas podem ser descritas em função da sua complexidade específica. A AFNOR - *Association Française de Normalisation*, através da norma NF X 60-010, classifica o tipo de intervenção em cinco níveis, segundo o grau de complexidade técnica, a qualificação requerida dos seus executantes e os meios técnicos envolvidos nessa execução, conforme se apresenta na tabela 3.2.

As tendências actuais apontam para que os respectivos operadores de produção assumam a execução de acções correspondentes a níveis de manutenção cada vez mais elevados. Tal evidência resulta não só de imperativos económicos por parte das empresas, na tentativa de reduzirem custos com a sua actividade, como também, resultante de aspectos de natureza social. As actuais expectativas profissionais, derivadas do crescente grau de educação escolar e cultural, conduz à crescente necessidade das pessoas se sentirem mais motivados, podendo desta forma, assumir uma maior cota de responsabilidade nesta função.

Níveis de manutenção segundo a norma NFX60-010	Local de execução	Responsável de execução	Meios de apoio à intervenção
<b>NÍVEL 1</b> - Intervenções simples previstas pelo construtor, através de elementos acessíveis sem desmontagem ou abertura do equipamento ou substituição de elementos consumíveis com segurança.	- Máquina ou equipamento	- Operador do equipamento	- Instruções de funcionamento, sem utilização de ferramentas; - Materiais consumíveis
<b>NÍVEL 2</b> - Reparações efectuadas por substituição de elementos <i>standard</i> e realização de operações simples de manutenção preventiva, tais como; lubrificação ou controlo de bom funcionamento.	- Máquina ou equipamento	- Técnico de qualificação média	- Instruções de manutenção e segurança; - Ferramentas definidas pela instrução de manutenção; - Materiais de uso corrente, ex. consumíveis
<b>NÍVEL 3</b> - Diagnóstico e reparações de avarias por substituição de componentes ou elementos funcionais, reparações simples e todas as operações de manutenção preventiva, tais como; regulações gerais e calibração de aparelhos de medida e controlo.	- Máquina ou equipamento; - Em oficina ou local de apoio	- Técnico especializado	- Instruções de manutenção; - Ferramentas e aparelhagem de medida, previstas nas instruções de manutenção; - Banco de ensaio; - Peças de reserva
<b>NÍVEL 4</b> - Todos os trabalhos de maior complexidade em manutenção correctiva e preventiva, com excepção de reconstrução de peças. Inclui as operações de calibração de aparelhos de medida utilizados nas operações de manutenção. Verificação e acompanhamento de trabalhos de inspecção realizados por empresas externas.	- Em oficina central; - Em empresa ou oficina especializada	- Equipas técnicas especializadas	- Máquinas de suporte técnico - Meios de soldadura - Meios mecânicos de limpeza; - Banco de ensaio, aferição e controlo; - Equipamentos de elevação e movimentação; - Documentação técnica específica; - Materiais específicos e peças de reserva
<b>NÍVEL 5</b> - Renovação, reconstrução ou execução de reparações de órgãos de equipamentos	- Em oficina externa especializada (ex. construtor)	- Equipas técnicas altamente especializadas	- Meios definidos pelo construtor, próximos dos utilizados na construção do equipamento.

Tabela 3.2 - Classificação específica de acções de manutenção por níveis.

Fonte: (Adaptado da norma NF X 60-010, criada pela AFNOR - Association Française de Normalisation)

### **3.3. A importância de medir o desempenho da manutenção**

Tal como já abordado neste trabalho, a forte concorrência global obriga as empresas a desenvolverem esforços para melhorar e otimizar a sua produtividade, com a finalidade de manterem e até aumentarem a sua competitividade. Desta forma, COETZEE (1997), MADU (2000) e FLEISCHER *et al.*, (2006), referem que o desempenho e a competitividade das empresas dependem da confiabilidade e disponibilidade das suas instalações de produção.

Neste contexto, denota-se a importância da manutenção para o desempenho sustentável das instalações produtivas.

Para CAMPBELL (1995) e MADU (2000), a manutenção e a confiabilidade dos sistemas produtivos, são factores importantes que afectam a capacidade das organizações em prestar serviços de qualidade em tempo útil aos seus clientes.

De forma a assegurar que a instalação atinge o desempenho desejado, ao menor custo, revela-se fundamental para a gestão da manutenção, a recolha e organização de informação sobre a eficácia das acções de manutenção, bem como, medir o desempenho operativo dos equipamentos instalados.

Neste contexto, é necessário avaliar se os resultados da actividade de manutenção planeada correspondem aos resultados esperados. O desempenho do sector de manutenção pode ser avaliado tendo em conta vários factores, tais como; avaliação de desempenho da organização da manutenção, avaliação de desempenho das acções técnicas executadas, avaliação económica, no que respeita aos custos associados à actividade de manutenção, bem como, referente a outros factores de interesse, como a segurança e o impacto ambiental resultante da sua actividade. Desta forma, verifica-se que a correcta definição de indicadores de desempenho, podem potencialmente apoiar a identificação de lacunas de desempenho da actividade, entre o praticado e o desejado, potenciando eventuais alertas que conduzam à melhoria do processo no que respeita à sua gestão e acções praticadas, (KAPLAN 1983, BRANCO 1996 e NEELY *et al.*, 2005). Verifica-se ainda que a definição de indicadores de desempenho na área de manutenção revela ser uma ferramenta de extrema utilidade para os responsáveis de manutenção, na medida em que lhes permite dispor os recursos humanos e materiais em zonas específicas do sistema produtivo, mediante as suas necessidades, promovendo o aumento da rentabilidade dos equipamentos e consequentemente do desempenho produtivo.

No entanto, o sucesso das acções executadas depende da correcta e rigorosa definição de indicadores de desempenho, que permitam o retorno de informações confiáveis sobre o desempenho da manutenção e dos equipamentos produtivos.

A importância da avaliação de desempenho de manutenção tem sido amplamente discutido na literatura científica por diversos autores. A gestão da manutenção requer informações de desempenho de processo, por forma a poder controlar e otimizar os processos e resultados da manutenção, bem como, promover acções de melhoria (ARTS *et al.*, 1998; TSANG 1999; VISSER e PRETORIOUS 2003; WEBER e THOMAS 2006; PARIDA e CHATTOPADHYAY 2007). Por outro lado, é do interesse dos responsáveis de manutenção medir a eficiência e eficácia dos processos de manutenção implementados, como forma de justificar não só o desempenho, como também os investimentos realizados pela manutenção (PARIDA e CHATTOPADHYAY 2007). A medição de desempenho da actividade do sector, para além de possibilitar o retorno de informação sobre a performance dos seus agentes interventivos, influencia a acção dos mesmos, podendo servir como uma ferramenta motivacional que impulsiona decisões tomadas e acções realizadas, acompanhando desta forma, a estratégia competitiva das organizações.

### **3.3.1. As diferentes categorias de indicadores da manutenção**

Diferentes categorias de indicadores de desempenho para a manutenção podem ser identificadas na literatura científica. Segundo os autores, ARTES e MANN, (1998) os indicadores de desempenho da manutenção podem ser diferenciados em três níveis; estratégico, tático e operacional.

Segundo CAMPBELL (1995), as medidas de desempenho da manutenção devem ser classificadas em três categorias, sendo estas; medida de desempenho dos equipamentos no que respeita à sua disponibilidade e confiabilidade, medida de desempenho económico, considerando o custo da respectiva intervenção e medidas de desempenho da organização da manutenção, considerando como exemplo, a taxa real de intervenções planeadas e não planeadas.

Para COETZEE (1997), devem ser definidas quatro categorias de indicadores de desempenho de manutenção, sendo estas; **resultados da intervenção**, medido pela disponibilidade do equipamento, intervalo entre avarias, frequência de avarias, tempo de reparação e taxa de operacionalidade da manutenção; **produtividade da manutenção**, medida pela utilização de mão-de-obra técnica, eficiência da mão-de-obra técnica e o cálculo dos custos inerentes à intervenção, dividido pelo custo total da produção; **planeamento e programação da manutenção**, medido pelo tempo despendido com o planeamento e programação das acções de manutenção, tempo de inactividade operativa, desde a avaria até ao início da reparação, custo da paragem dividido pelo custo total da acção de manutenção em causa e o volume total de acções de manutenção; **justificação do custo de manutenção**, medido através do custo da manutenção dividido pelo volume de produção, custo de stock com peças de reserva e custo comparativo entre a reparação e a sua substituição.

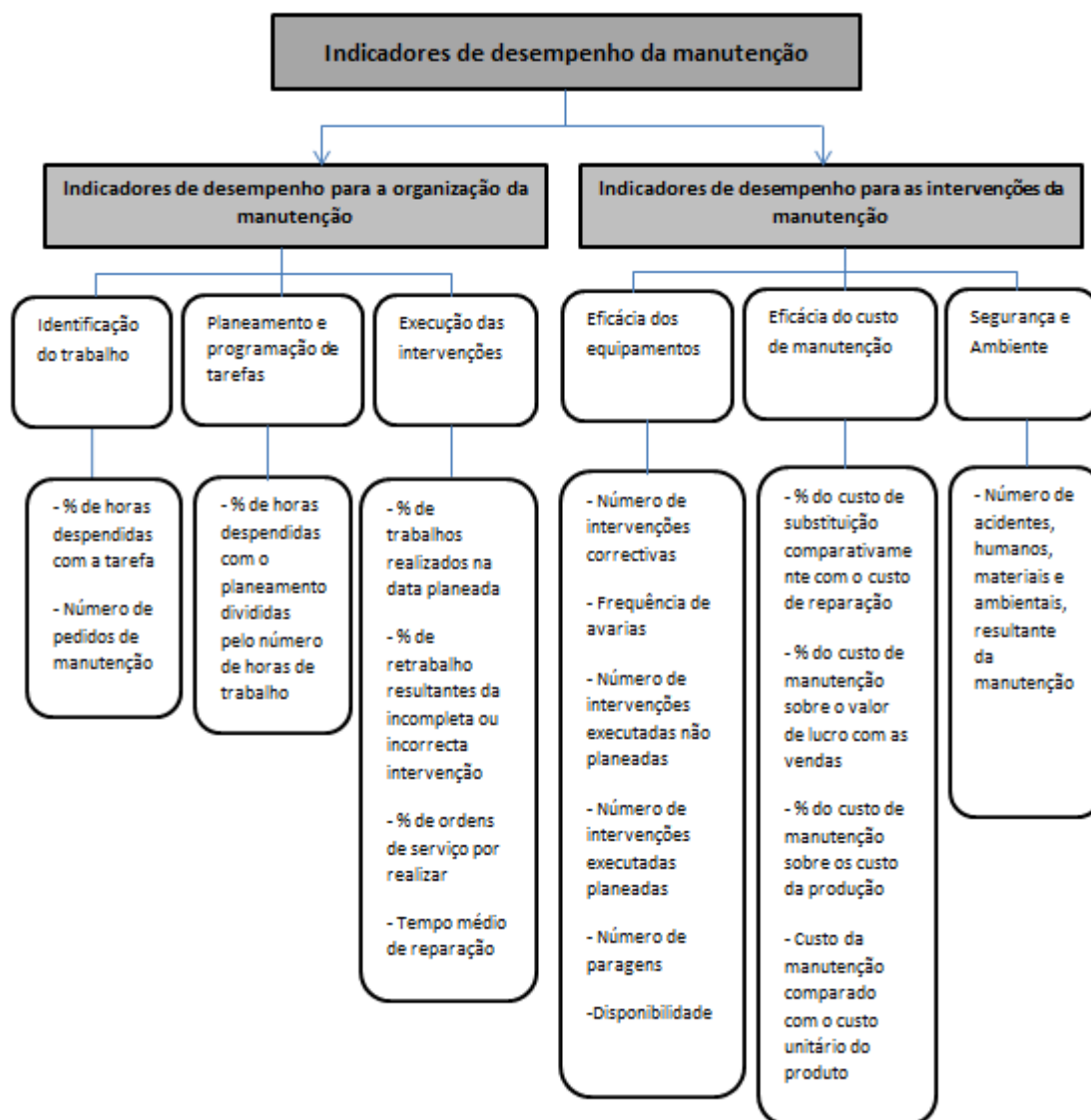
Com base nos indicadores de desempenho anteriormente descritos, WEBER e THOMAS (2006), desenvolveram um conjunto de indicadores de desempenho, conforme se apresenta na figura 3.3.

Os autores classificam os indicadores de desempenho em duas categorias gerais; indicadores de planeamento e programação de manutenção, e indicadores de resultado de acções de intervenção de manutenção.

No que respeita aos indicadores de planeamento e programação, estes, podem ser diferenciados em três subcategorias; identificação do trabalho, medido pela percentagem de horas associadas à avaliação ou diagnóstico; planeamento e programação, medido pela percentagem de horas associadas ao planeamento da acção; execução da intervenção, medido pela percentagem de intervenções realizadas na data planeada, percentagem de intervenções realizadas, resultante da incorrecta ou incompleta intervenção primária, percentagem de ordens de serviço em curso ou não realizadas, e pelo tempo médio das intervenções realizadas.

No que respeita aos indicadores de resultado de acções de intervenção de manutenção, os autores propõem as seguintes subcategorias; eficácia do equipamento, medida pelo número de intervenções não planeadas, frequência com que ocorrem as avarias, número de acções de manutenção não programadas, número de acções de manutenção programadas, número de paragens dos equipamentos e disponibilidade dos mesmos; eficácia do custo de manutenção, medida pela percentagem do custo de substituição dividido pelo custo de reparação, percentagem do custo de manutenção medido em função do lucro resultante das vendas, percentagem do custo de manutenção medido em função do custo de produção, e a comparação entre o custo da manutenção e o custo unitário por produto; segurança e ambiente, medido pelo número de acidentes humanos, materiais e ambientais, resultantes da actividade de manutenção.





**Figura 3.3:** Lista de indicadores de desempenho para a manutenção

Fonte: (Adaptado de Muchiri, Pintelon, Martin e De Meyer, 2010)

Como resultado do exposto e de uma forma resumida, podemos dizer que os indicadores de desempenho devem ser definidos temporalmente em três grandes categorias; “antes”, onde se definem indicadores para a identificação do trabalho a realizar; “durante”, a realização da programação e planeamento das acções; “depois”, das acções de manutenção executadas (COETZEE, 1997; CAMPBELL, 1995; WEBER e THOMAS, 2006).

Em estudos realizados por WEBER e THOMAS (2006), é sugerida uma lista de taxas de referência, que devem ser entendidas como guia para atingir um bom desempenho de cada tarefa associada à respectiva categoria, conforme se apresenta na tabela 3.3.

As respectivas taxas de indicadores revelam-se úteis na medida em que a acentuada variação dos valores apresentados, poderão induzir à necessidade de mudanças que permitam melhorar a eficiência e eficácia das respectivas acções associadas a cada categoria de trabalhos de manutenção.

Categoria	Indicadores	Descrição	Percentagem recomendada
Identificação do trabalho	Percentagem de trabalho pró-activo	Nº de horas disponíveis para trabalho pró-activo / total de horas de trabalho	75% - 80%
	Percentagem de trabalho reactivo	Nº de horas usadas em trabalho reactivo / total de horas de trabalho	10% - 15%
	Percentagem de trabalho de melhoria	Nº de horas usadas em trabalho de melhoria / total de horas de trabalho	5% - 10%
	Taxa de resposta ao trabalho pedido	Nº de trabalhos pendentes à mais de 5 dias / total de trabalhos pedidos	80% dos pedidos
Planeamento e programação do trabalho	Taxa de trabalhos planeados	Nº de trabalhos planeados / total de trabalhos executados	95% do total de pedidos
	Qualidade de planeamento	Percentagem de pedidos de trabalho que requerem retrabalho devido ao planeamento / total de ordens de trabalho	< 3% do total de pedidos
	Capacidade de resposta do planeamento	Nº de trabalhos em planeamento à mais de 5 dias / total de ordens de trabalho	>80% do total de pedidos
	Intensidade da programação	Nº de horas de mão-de-obra programadas / total de horas de mão-de-obra disponíveis	>80% do total de mão-de-obra disponível
	Qualidade da programação	Percentagem de ordens de serviço atrasadas devido a falta de materiais ou mão-de-obra	< 2%
	Taxa de finalização da programação	Percentagem de programação de ordens de serviço finalizadas antes da data final / total de ordens de serviço	>95% do total de pedidos
Execução do trabalho	Tempo médio de reparação	Tempo de inactividade de um equipamento / Nº de avarias	<3%
	Taxa de utilização de recursos humanos	Tempo gasto em intervenções / total de horas de trabalho	>80%
	Eficiência dos recursos humanos	Tempo planeado para as intervenções / tempo gasto nas intervenções	>97%
	Eficácia das intervenções	Nº de tarefas executadas / total de tarefas recebidas	>95%
	Qualidade das intervenções, sem necessidade de retrabalho	Percentagem de intervenções que precisaram retrabalho	<3%

**Tabela 3.3** - Percentagem a atingir para os indicadores da actividade de manutenção  
**Fonte:** (Adaptado de Weber e Thomas, 2006)

### 3.3.2. O indicador OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

Dentro da metodologia TPM - *total productive maintenance* <sup>1)</sup>, que faz parte integrante do conceito TPS - *Toyota Production System*, criado por SEIICHI NAKAJIMA (1960), podemos encontrar um indicador que permite medir a eficácia global dos equipamentos, denominado por OEE - *Overall Equipment Effectiveness*. Este indicador foi originalmente criado como meio de quantificar não apenas o desempenho dos equipamentos, mas também, como métrica de melhoria contínua dos equipamentos e dos processos produtivos. Este indicador auxilia a medição de perdas em diversos aspectos produtivos, de entre os quais, destaca-se; a disponibilidade, o desempenho, a velocidade e a taxa de qualidade resultante dos equipamentos. A utilização do indicador OEE, conforme proposto pela metodologia TPM, permite que as empresas analisem as reais condições de utilização dos seus activos. A análise destas condições ocorre a partir da identificação das perdas existentes no processo industrial, envolvendo índices de disponibilidade dos equipamentos, eficácia e qualidade. O conceito OEE tem sido amplamente utilizado como uma ferramenta essencial, para a medição de desempenho quantitativo dos equipamentos industriais (HUANG e DIMUKES, 2003; MUCHIRI e PINTELON, 2008).

A medição da eficácia global dos equipamentos pode ser aplicada segundo diferentes perspectivas, tentando alcançar diversos objectivos. Segundo JONSSON e LESSHMMAR (1999), o OEE permite avaliar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias, quantificando as mesmas, nos equipamentos ou linhas de produção num determinado espaço temporal.

Segundo NAKAJIMA (1989), o indicador OEE procura avaliar a actividade dos equipamentos industriais, atendendo à sua produtividade, rentabilidade e qualidade, tentando eliminar os custos supérfluos que influenciam negativamente a actividade produtiva industrial. LJUNGBERG (1998) refere que antes do aparecimento deste indicador, apenas a disponibilidade era considerada na utilização dos equipamentos, o que resultava no sobredimensionamento da capacidade produtiva dos mesmos.

De acordo com NAKAJIMA (1989), o OEE é medido segundo a identificação de seis grandes perdas, conforme apresentado na tabela 3.4, sendo posteriormente agrupadas e calculadas através do produto dos seguintes índices; Disponibilidade, Eficiência e Qualidade.

Desta forma, NAKAJIMA (1989) refere que um OEE de 85% deve ser estipulado como meta ideal para o desempenho dos equipamentos. Segundo o autor, para se obter um valor de OEE superior a 85%, é necessário que os índices de cálculo sejam de; 90% para a disponibilidade, 95% para a eficiência e 99% para a qualidade, o que revelaria um índice de desempenho óptimo, no entanto extramente difícil de atingir para qualquer equipamento.

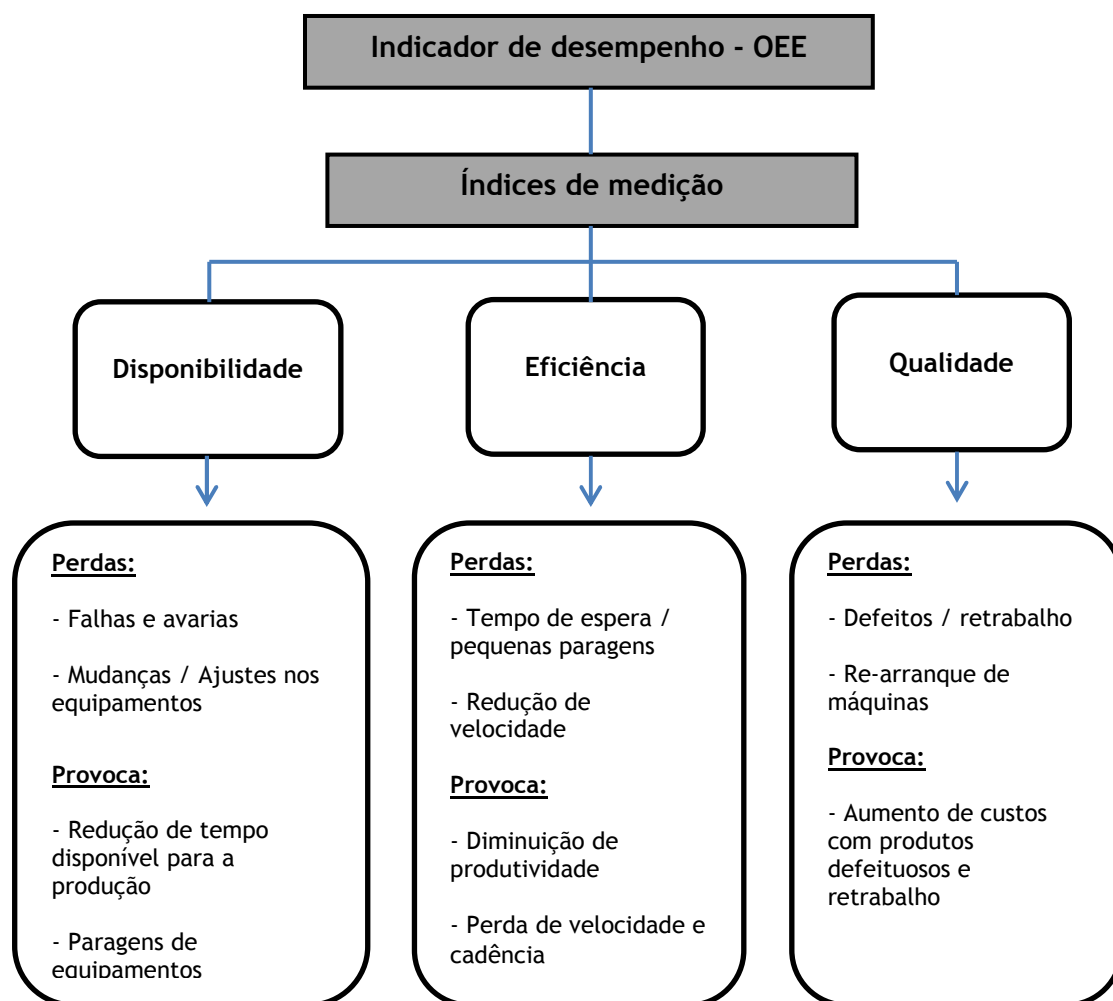
---

<sup>1)</sup> A metodologia TPM - Total Productive Maintenance será abordada com mais detalhe em capítulo seguinte neste trabalho

Perdas	Ocorrências	Consequências
<b>1 - Avarias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avarias mecânicas, eléctricas</li> <li>- Falha geral do equipamento</li> <li>- Paragens não planeadas para intervenção da manutenção</li> <li>- Falhas de energia</li> </ul>	Redução de tempo disponível para o equipamento produzir
<b>2 - Mudança, afinação e outras paragens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mudança de produto</li> <li>- Aquecimento ou arrefecimento para mudança de ferramenta</li> <li>- Substituição de ferramentas por desgaste</li> <li>- Paragens para limpeza</li> <li>- Falta de materiais</li> <li>- Falta de operador</li> </ul>	
<b>3 - Pequenas paragens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza e pequenos ajustes</li> <li>- Obstrução no fluxo do produto a montante ou jusante</li> <li>- Falha na alimentação de materiais</li> <li>- Substituição de ferramentas de desgaste pelo operador</li> <li>- Verificação ou regulação de parâmetros</li> </ul>	Afectam a eficiência do equipamento, não permitindo que este funcione no tempo de ciclo nominal
<b>4 - Redução de velocidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Funcionamento abaixo da velocidade especificada</li> <li>- Funcionamento irregular</li> <li>- Incapacidade do operador garantir o funcionamento regular</li> </ul>	
<b>5 - Defeitos e retrabalho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rejeições</li> <li>- Retrabalho do produto</li> <li>- Montagem incorrecta</li> <li>- Matéria-prima incorrecta</li> <li>- Falta de matéria-prima</li> </ul>	Redução de quantidade de produto conforme, produzido
<b>6 - Perdas de re-arranque</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Retrabalho do produto</li> <li>- Afinações</li> </ul>	

**Tabela 3.4** - As seis perdas nos equipamentos identificadas pela metodologia OEE  
**Fonte:** (Adaptado de Muchiri e Pintelon, 2008).

Na figura 3.4, encontram-se representados esquematicamente os índices de medição de eficácia de um equipamento, assim como as perdas referidas na tabela anterior, associadas a cada índice, conforme proposto pelo indicador OEE.



**Figura 3.4** - Índices de desempenho com associação de perdas, conforme metodologia OEE  
**Fonte:** (Adaptado de Nakajima, 1989)

Segundo CHIARADIA (2004), para o cálculo do índice de disponibilidade de uma máquina devem ser consideradas perdas programadas, tais como; mudança de ferramenta, afinações ou ajustes, período de descanso do operador, acções de manutenção preventiva e as perdas não programadas, tais como; avarias, falta de energia eléctrica, falta de material proveniente do processo anterior.

Desta forma, o índice de disponibilidade deve ser calculado através do tempo de carga de uma máquina (TC), que é dado pela subtracção do tempo disponível da mesma, pelo tempo de paragens programadas, conforme mostra a seguinte equação:

$$\text{Tempo de Carga (TC)} = \text{Tempo teórico disponível} - \text{paragens programadas (horas)}$$

Sendo de seguida calculado o tempo real disponível que se obtém pela subtracção do TC pelo tempo de paragens não programadas, conforme mostra a seguinte equação:

$$\text{Tempo real disponível (TRD)} = \text{Tempo de carga} - \text{paragens não programadas (horas)}$$

Obtendo-se o *TC* e o *TRD*, estamos em condições de calcular o índice de disponibilidade de uma máquina, que é dado pela seguinte equação:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{TRD}}{\text{TC}} \times 100$$

O cálculo do índice de eficiência baseia-se na cadência ou velocidade de trabalho de uma máquina e é dado pela seguinte equação:

$$\text{Eficácia (\%)} = \frac{\text{Nº de peças produzidas / hora}}{\text{TC / hora} \times \text{TRD / hora}} \times 100$$

NAKAJIMA (1989) refere que a diferença entre a eficiência teórica e a real resulta das pequenas paragens dos equipamentos, bem como, pela diferença de velocidade de trabalho real de uma máquina pela velocidade para a qual foi construída.

Por último, o índice de qualidade de uma máquina pode ser obtido através da diferença entre o total de peças produzidas pelo número de peças rejeitadas e o número de peças refeitas em substituição das peças rejeitadas, dividido pelo total de peças produzidas, conforme mostra a equação seguinte:

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Nº de peças produzidas} - \text{Nº de peças rejeitadas} - \text{Nº de peças refeitas}}{\text{Nº de peças produzidas}} \times 100$$

Segundo Nakajima (1989), o objectivo do OEE é analisar a eficácia dos equipamentos, através do cálculo da disponibilidade, eficiência e qualidade resultante da sua produção, assim como, verificar se a máquina continua a trabalhar com a mesma taxa de produtividade, velocidade e qualidade, especificadas no seu projecto de construção.

Desta forma, podemos obter a taxa de OEE através da seguinte equação:

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade (\%)} \times \text{Eficácia (\%)} \times \text{Qualidade(\%)}$$

Denota-se, segundo o exposto, que a identificação de perdas resultante de um equipamento é a tarefa mais importante no processo de cálculo do indicador OEE. A limitação das empresas em identificar as suas perdas, impede que estas actuem no restabelecimento das condições operativas originais dos equipamentos, o que irá comprometer a eficácia global dos mesmos.

Desta forma, verifica-se que a importância de aperfeiçoar os equipamentos e actuar na identificação e eliminação das suas perdas é concretizada pelo aumento da produção, sendo que o aumento da eficiência e eficácia dos equipamentos desvaloriza a necessidade de realizar investimentos em novas linhas produtivas.

### **3.4. A estratégia para a manutenção**

A actividade da manutenção tem vindo progressivamente a assumir uma maior importância nas empresas industriais, como consequência do seu crescente impacto económico nos resultados obtidos, e pela sua importante contribuição para a qualidade dos produtos, cumprimento de prazos de entrega e rentabilidade dos equipamentos de produção.

Deve ser assumido que a manutenção, como qualquer outra actividade da empresa, terá de ser conduzida por uma estratégia definida, devidamente integrada no plano estratégico da empresa. Desta forma, a estratégia da função manutenção deve estabelecer a forma para atingir um conjunto de objectivos, em torno dos objectivos gerais definidos para as empresas, e em particular para o sector da produção. A estratégia adoptada por cada empresa, para a sua manutenção, envolve decisões sobre a identificação, pesquisa e execução de reparações aos seus equipamentos (KELLY, 1997). De um modo geral, essa estratégia deve basear-se na formulação de um plano, capaz de otimizar o ciclo de vida dos recursos disponíveis, concebendo um programa óptimo de manutenção em coordenação com a produção e demais sectores da empresa (KELLY, 1997).

A estratégia para a manutenção deve ser delineada mediante o tipo de acção a executar, nomeadamente; inspecção ou medição, conservação e reparação ou substituição (MCKONE ELLIOTT, 1998; MOUBRAY, 1991; DEKKER, 1996; SHERWIN, 2000; SWANSON, 2001).

A estratégia definida para a manutenção consiste numa combinação de políticas ou técnicas que variam segundo vários factores intrínsecos a cada empresa, nomeadamente; os objectivos para a manutenção, a tipologia da instalação ou equipamento, os padrões e fluxo de produção e a importância ou peso económico que a manutenção representa para a actividade da empresa (DEKKER, 1996; ZENG, 1997; GALLIMORE e PENLESKY, 1988; PINTELON E GELDERS, 1992).

No entanto, para qualquer tipo de organização e seus objectivos, verifica-se a necessidade de definir uma estratégia de manutenção a seguir.

Um exemplo da importância de definição da estratégia de manutenção no sector da produção de energias renováveis é sugerido por AMATO, COMPARE, GALLISTO, MACCARI, PAGANELLI e ZIO (2011). Segundo os autores, a manutenção para este sector representa uma percentagem elevada do custo total de produção, sendo que a sua optimização assume um papel de extrema importância para a sustentabilidade e competitividade em relação à indústria transformadora de combustíveis fósseis.

Desta forma, denota-se que a estratégia adoptada pelas empresas para a manutenção, deve ser delineada segundo a forma como a mesma é vista dentro das organizações, bem como o papel que representa para os seus activos, considerando aspectos de natureza económica e de segurança (WAEYENBERGH e PINTELON, 2002).

Dada a relevante complexidade e dimensão económica do problema, a estratégia definida para a manutenção industrial, é geralmente abordada e suportada na literatura científica em torno de três grupos gerais; a manutenção correctiva, a manutenção preventiva e a manutenção de melhoria, conforme iremos abordar de seguida nas políticas de manutenção.

### **3.5. Políticas de manutenção**

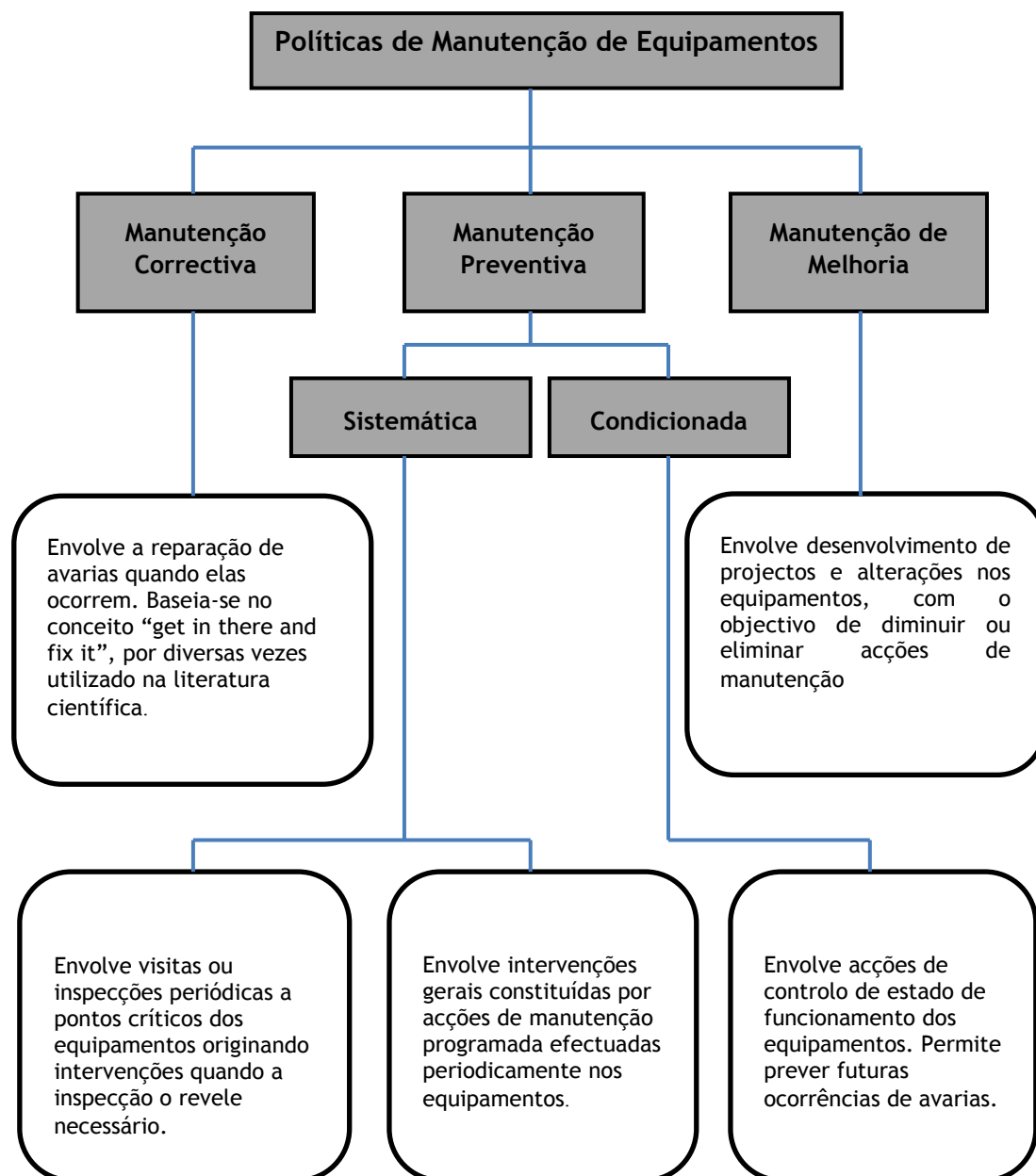
As políticas de manutenção são condicionadas por determinados factores, tais como, as condições, a idade das instalações e as inspecções legais obrigatórias respeitantes à segurança. De acordo com as características do regime de produção e do tipo de equipamentos produtivos, deverão explicitar-se claramente as políticas de manutenção a implementar. As políticas de manutenção devem ser entendidas como o conjunto e do tipo de acções a realizar nos equipamentos, pela actividade da manutenção.

As Políticas de Manutenção, resumidas e apresentadas na figura 3.5, são estabelecidas de acordo com as características dos equipamentos e com os condicionalismos da produção.

Estas devem ser seleccionadas tendo em consideração as diferentes opções, adoptando-se a solução mais adequada ao equipamento ou à instalação que esteja a ser considerada, ou combinando as diversas opções de forma a optimizar os custos. Na formulação da política de manutenção mais adequada para cada empresa, devem ser considerados os seguintes aspectos; Fiabilidade do equipamento e a sua taxa previsível de avarias; Manutibilidade do equipamento, respeitante à acessibilidade e facilidade de execução de acções de manutenção; Tipo de avarias, em função do tempo decorrente para a resolução da avaria; Criticidade do equipamento, em relação à sua influência nos custos indirectos resultantes da actividade de manutenção, nomeadamente as perdas de produção resultante da inoperacionalidade dos equipamentos; Consequência das avarias, em termos de segurança humana, material e ambiente; Viabilidade técnica e económica, referente à detecção antecipada de possíveis avarias por controlo de variáveis de funcionamento; Viabilidade



técnica e económica das alternativas de substituição ou reparação, no local ou em oficina; Aspectos legais, referentes a inspecções aos equipamentos; Avaliação económica comparativa do benefício resultante das diversas opções possíveis de manutenção a adoptar.



**Figura 3.5** - As políticas de manutenção adoptadas para os equipamentos

Fonte: (Adaptado de IMAD ALSYOUF, 2006)

Tal como já referido, na figura anterior encontram-se descritos os principais grupos de acções ou políticas de manutenção, diferenciadas pela acção interventiva de manutenção que pode ser realizada em máquinas ou equipamentos no âmbito industrial.

Nas últimas décadas, a rápida evolução do cenário industrial tem impulsionado a relevância sobre a manutenção industrial. Várias contribuições relevantes podem ser encontradas sobre este tema na literatura científica. Segundo BEVILACQUA e BRAGLIA (2000), o aumento tecnológico, a mecanização e automatização industrial, tem contribuído para a diminuição do número necessário de operadores produtivos, embora tenha conduzido ao aumento dos activos humanos da manutenção, bem como, à necessária formação e especialização técnica dos mesmos. Ainda segundo os autores, outra das razões que impulsionou a necessidade da manutenção, foi o surgimento de filosofias de gestão, tal como o *just-in-time*, que requer uma elevada disponibilidade, operacionalidade e fiabilidade dos equipamentos, resultante da procura do mercado por produtos de alta qualidade, com baixa tolerância para defeitos e prazos de entrega dilatados (DEKKER e SCARF, 1998).

Ainda segundo os autores, a necessidade de contratação externa de serviços de manutenção pelas empresas, impulsionou a especialização e formação de técnicos dedicados a determinadas actividades específicas de manutenção.

Segundo COOKE (2003), as alterações e consequentes exigências da legislação sobre a segurança e saúde no trabalho, exigem políticas de manutenção capazes de garantir o cumprimento dessas normas.

Devido às exigências actuais das organizações, as políticas de manutenção evoluíram no sentido de uma política de manutenção proactiva, que tem por base, tarefas preditivas e detectivas, as quais procuram falhas ao nível da segurança e do meio ambiente, através da manutenção condicionada, sistemática e correctiva.

Segundo uma perspectiva evolutiva histórica serão de seguida abordadas e descritas as principais políticas de manutenção, que poderão ser adoptadas pelas empresas.

### **3.5.1. Política de manutenção correctiva**

Antes da segunda grande guerra mundial, onde as empresas possuíam equipamentos mais simples, e numa época em que ainda não se tinha uma clara visão sobre a produtividade, as empresas mantinham na sua estrutura organizacional, uma equipe de manutenção que se limitava a estar preparada para intervir apenas quando ocorriam avarias nos equipamentos.

Neste cenário de manutenção, os conflitos com o sector produtivo eram baixos, ou não existiam, já que o pensamento da produção estava direccionado para a ideia de que só perderia capacidade produtiva quando não havia outra alternativa. A este tipo de política dá-se o nome de política de manutenção correctiva (AL-NAJJAR, 1997; KELLY, 1997; PINTELON e GELDERS, 1992). Porém, quando analisado o tempo gasto com a reparação dos equipamentos, associado ao custo da paragem produtiva, causado pela avaria inesperada dos equipamentos, ficou demonstrado que os custos associados aos equipamentos eram largamente superiores quando comparados com uma intervenção planeada.

Esta fase fica então conhecida como tendo sido a primeira geração da manutenção, dando passagem, ao final da segunda grande guerra, para o que se tornou conhecido como a segunda geração da manutenção, onde os investimentos feitos com o aumento da mecanização tornaram as instalações industriais mais complexas e de maior dimensão, surgindo aqui a necessidade de outras formas e políticas de manutenção (SHERWIN, 2000; WAEYENBERGH e PINTELON, 2002).

Este conceito de manutenção apresenta as seguintes desvantagens genéricas; paragens não planeadas, danos excessivos nos equipamentos, problemas de reposição de peças, custos de reparação elevados, e redução da taxa produtiva e de qualidade (TELANG, 1998).

### **3.5.2. Política de manutenção preventiva**

A complexa evolução dos equipamentos que surgiram no período entre a segunda grande guerra mundial e a década de 60, associada ao aumento dos investimentos na indústria, fez com que fosse sentido um aumento da competitividade por parte das empresas, tendo o interesse e necessidade pela procura da produtividade surgido como fonte estratégica para alcançar vantagens competitivas. Neste cenário, passaram a não ser admitidos equipamentos com os quais não se podia contar. Surgem então os conceitos de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos dentro da produção. Surge ainda, a ideia de uma nova política, onde os componentes ou partes dos equipamentos fossem substituídos ou intervencionados, considerando intervalos pré-estabelecidos de tempo, baseados em dados técnicos de ciclo de vida desses componentes, a fim de evitar a falta de disponibilidade inesperada dos equipamentos. Esta política de manutenção ficou conhecida pela manutenção preventiva (SLACK, 1993). Surge nesta fase, o que se pode chamar de segunda geração da manutenção, que em função da necessidade de se controlar os períodos de intervenção, gera espaço para o surgimento dos sistemas de planeamento e controle da manutenção. Surge também o investimento num trabalho de aperfeiçoamento e aumento da vida útil dos equipamentos, já que componentes com menor vida útil passam a ser sujeitos a intervenções em períodos de tempo menores, permitindo aumentar a disponibilidade dos equipamentos para a produção (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2002).

Esta segunda geração permitiu um aumento de produtividade em relação à primeira geração. Porém, com o passar do tempo, observam-se novas necessidades, principalmente em função do surgimento da automação na indústria e do aparecimento de novas técnicas e metodologias para o planeamento da produção.

### 3.5.3. Política de manutenção Preditiva

Este período, que inicia na década de 70, marca o início da terceira geração da manutenção. O aumento da automação, tal como referido anteriormente, permite criar condições até à altura impossíveis. O surgimento de novos métodos de produção, baseados em ferramentas de gestão, tal como o *lean manufacturing*, entre outros, exigem um aumento do grau de confiabilidade nos equipamentos de produção.

Surge então o pensamento de que intervenções devem apenas ser realizadas quando as condições dos equipamentos exijam a sua paragem. Este tipo de manutenção baseia-se na avaliação de parâmetros e no controlo de estado de funcionamento dos equipamentos, exigindo o acompanhamento constante dos componentes dos equipamentos, o que permite prever futuras ocorrências de avarias. Surge então, a política de manutenção preditiva, que se baseia em análises comportamentais dos equipamentos, permitindo prever a necessidade de intervenção o mais próximo possível da avaria, no entanto antes que esta possa ocorrer (WAEYENBERGH e PINTELON, 2002; KUMAR, 1996).

Segundo MOUBRAY (2000), o surgimento de novas preocupações em torno da preservação do meio-ambiente, com a tentativa de rentabilizar e reutilizar todos os componentes industriais, bem como, as preocupações com a segurança e saúde no trabalho fizeram surgir novas variantes de políticas de manutenção. No entanto, estas acabam por se enquadrar nas políticas base aqui abordadas,

### 3.5.4. Política de manutenção detectiva

A partir da necessidade do aumento da confiabilidade nos equipamentos, pode ainda ser identificada uma outra política de manutenção, denominada por manutenção detectiva, MOUBRAY (2000). O autor refere que este tipo de manutenção visa garantir que determinados componentes pouco utilizados num equipamento, no entanto de extrema importância, não falhem ou avariem quando solicitados. Como exemplo, o autor, enquadra a necessidade desta política de manutenção nos componentes com função de protecção e segurança nos equipamentos, tais como; dispositivos de limite de segurança nos elevadores, sensores de temperatura e pressão, ou seja todos os componentes de um equipamento que possam garantir em casos extremos a confiabilidade no equipamento, assim como a segurança humana e material.

# Capítulo 4

---

## Enquadramento e estrutura da manutenção na indústria

Neste capítulo é feito um enquadramento específico do sector da manutenção na indústria, nomeadamente, com o sector produtivo e da qualidade. Aqui, são ainda definidas as responsabilidades de cada sector no que respeita às práticas e tarefas de manutenção, com o objectivo de garantir a confiabilidade dos equipamentos e promover as relações entre os colaboradores que participam directamente nas actividades de manutenção. Por último, é feita uma abordagem às práticas da filosofia “TPM”, onde são expostos alguns factores que podem condicionar o sucesso desta metodologia.

## 4. Enquadramento e estrutura da manutenção

### 4.1. Enquadramento da manutenção na indústria

O desempenho de qualquer instalação industrial é afectado directamente por fenómenos aleatórios, tais como, avarias dos equipamentos e perda de qualidade nos produtos fabricados e serviços prestados. A fim de responder a solicitações dos seus clientes, os equipamentos produtivos devem ser mantidos em perfeitas condições de operação, através de programas de manutenção adequados, capazes de elevar ao mais alto nível a produtividade e qualidade nos produtos transformados e serviços prestados pelas empresas.

Desta forma, verifica-se que a manutenção, produção e qualidade estão intimamente ligados, pelo que dentro de uma organização devem estar unidos no mesmo modelo, a fim de analisar as suas interacções subjacentes e o seu impacto sobre o desempenho global dos sistemas de produção, respeitante à sua taxa produtiva e consequente qualidade dos produtos fabricados. Na verdade, após um período de adaptação e formação dos operadores produtivos, os equipamentos de produção conseguem atingir níveis de qualidade e produtividade elevados, no entanto, e após um determinado período aleatório, a taxa de produtividade e qualidade inicia a sua recta descendente, (BEN-DAYA, 2002; CHELBI *et al.*, 2008; RADHOUI *et al.*, 2009).

Na prática, a manutenção deve evitar que tal aconteça, promovendo a operacionalidade e fiabilidade dos equipamentos, aumentando o rendimento do sistema produtivo e a sua capacidade de resposta às encomendas e serviços prestados aos clientes, com padrões de qualidade desejados.

Durante as últimas décadas, vários estudos e métodos têm sido propostos na literatura científica sobre políticas de produção, qualidade e manutenção, como forma de melhorar o desempenho industrial. Segundo, KIMEMIA e GERSHWIN (1983), AKELLA *et al.*, (1984), existe um problema de controlo genérico nos equipamentos, que se traduz em paragens indesejáveis e perda de qualidade nos produtos transformados. AKELLA E KUMAR (1986), desenvolveram um método, denominado por HPP - *Hedging Point Policy*, que se baseia na adopção de níveis de stock de produção elevados pelas empresas, como forma de contornar os efeitos de possíveis avarias nos equipamentos produtivos, evitando desta forma atrasos e incumprimento na entrega das encomendas aos seus clientes. FENG e XIAO (2002) referem que o método HPP resulta de forma eficaz, para sistemas propensos a falhas onde a variação da produtividade é elevada, tendo como consequência o elevado número de acções de manutenção correctiva praticadas, resultante da adopção maioritária desta política de manutenção para as suas instalações e equipamentos.

Por forma a tentar atenuar o impacto das avarias sobre o desempenho global dos sistemas produtivos, BARLOW e HUNTER (1960), desenvolveram a metodologia denominada

por ARP - *Age Replacement Policy*, que segundo os autores, consiste na substituição de um equipamento, quando este atinge um ciclo de vida temporal estimado e pré-estabelecido.

Outra metodologia apresentada pelos autores é denominada por BRP - *Block Replacement Policy*, que se baseia na substituição dos equipamentos por número de avarias ou em intervalos fixos de tempo, independente da idade ou ciclo de vida estimado, evitando desta forma, comprometer a produtividade, qualidade e fiabilidade esperada do sistema produtivo. No entanto, BARLOW e PROSCHAN (1965) referem que num contexto económico e de redução de custos, a metodologia ARP revela-se favorável em relação à metodologia BRP, sendo que a adopção de cada uma irá depender da estrutura organizacional e objectivos particulares a alcançar, estipulados por cada empresa.

Com base no exposto, denota-se que independentemente da metodologia ou política adoptada para a actividade da manutenção, dentro de cada organização, esta representa um papel de extrema importância para o sucesso e sustentabilidade organizacional, na medida em que influencia directamente a qualidade, produtividade, e o preço dos bens disponibilizados ao mercado.

#### **4.1.1. A relação entre manutenção e o sector produtivo**

Segundo RISHEL e CHRISTY (1996), no passado, a relação entre a manutenção e a produção era caracterizada por conflitos, na medida em que a produção assumia que os equipamentos lhe pertenciam, tomando a decisão sobre quando e por quanto tempo os equipamentos poderiam ser disponibilizados para que a manutenção realiza-se as suas tarefas. No entanto, através do reconhecimento da importância que a manutenção representa para o sucesso produtivo e consequentemente das empresas, essa relação foi alterada, passando a ser entendida como uma parceria para atingir o sucesso.

Tal como já referido, a manutenção define-se pelo conjunto de acções que permitem manter ou restabelecer qualquer máquina ou equipamento, dentro de um estado específico que assegure um determinado serviço dentro de um determinado período especificado. No estabelecimento do relacionamento entre as funções de produção e manutenção, TSANG (2002), realça a função da manutenção como um factor crucial para a estratégia da produção.

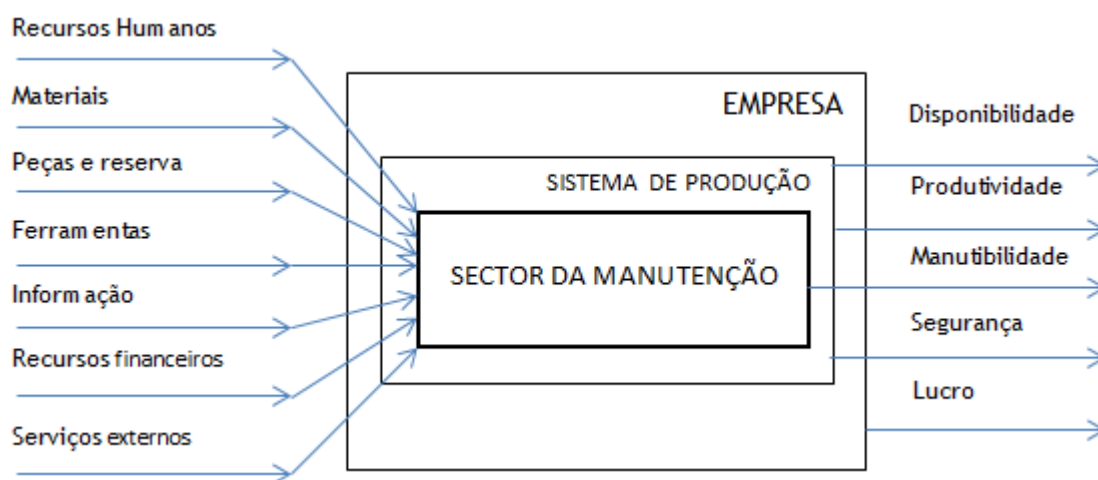
Ainda segundo o autor, a crescente adopção de novas políticas e metodologias de produção nas organizações, tais como, o *Lean manufacturing*, o *Just in Time* e o *Six Sigma*, entre outros, cuja tendência induz uma mudança de paradigma de elevados volumes de produção para um baixo volume produtivo e respectiva redução de tempo de produção, não podem ser implementados nem praticados em ambientes onde existam avarias inesperadas, perdas de velocidade ou falta de confiança nos equipamentos instalados.

Nesta perspectiva, verifica-se que o sector de manutenção tem uma influência determinante no sector produtivo por via da disponibilidade dos seus equipamentos.

Tendo em conta os diferentes elementos que caracterizam os sistemas de planeamento, controlo e gestão da produção, bem como a própria definição do sistema produtivo, conclui-se que as operações de manutenção são parte integrante do sistema produtivo. Desta forma, é assumido que a organização e gestão da manutenção influencia o rendimento do trabalho, aumentando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo os próprios custos com a manutenção. Tais factos conduziram certamente à redução dos custos produtivos e consequentemente dos artigos transformados.

Segundo LOKFSTEN (1998), a relação e interacção entre o sector da produção e o sector da manutenção, deve ser optimizado, visto que o custo com a manutenção numa instalação industrial representa 15% a 40% do total dos custos produtivos.

Ainda segundo TSANG (2002), o relacionamento entre o sector produtivo e o sector de manutenção deve ser descrito como um modelo de entradas e saídas, onde a manutenção representa um processo de transformação dentro de uma instalação industrial, não directamente dependente, mas inevitavelmente ligado ao sector de produção, conforme apresentado na figura 4.1. Neste modelo, os recursos aplicados pela manutenção, que incluem mão-de-obra, materiais, ferramentas, informação e recursos financeiros, terão no seu desempenho uma influência significativa na disponibilidade dos equipamentos, no volume, na qualidade e custos de produção, assim como na segurança operacional, cujos resultados por sua vez, irão determinar a rentabilidade produtiva.



**Figura 4.1** - A função da manutenção no sector produtivo dentro de uma empresa  
Fonte: (Adaptado de TSANG, 2002)



Numa instalação industrial, verifica-se que os equipamentos produtivos estão normalmente afectos ao sector produtivo. Desta forma, quando o sector de manutenção intervém nos equipamentos, esta acção deve ser entendida como uma prestação de serviços à produção, desenvolvendo-se um relacionamento entre os dois sectores, do tipo fornecedor-cliente, cujas responsabilidades deverão ser definidas na orientação dos objectivos para cada um dos sectores, (MURTHY, 2002 e AHMED *et al.*, 2005).

Segundo GITS (2001) e ALKAIM (2003), o relacionamento entre a manutenção e a produção, deve ser caracterizado sob o pensamento de que o processo primário numa organização industrial é a produção, onde a entrada primária de materiais, de energia e força humana, é transformada na saída da produção primária, ou seja, no produto desejado. No entanto, este estado pode ser alterado, resultante de causas externas ao processo, tais como, avarias e deterioração dos equipamentos, o que conduz inevitavelmente a uma saída secundária, ou seja, à necessidade da manutenção, cujas actividades são requeridas para manter os sistemas, ou restaurá-los ao estado necessário para executar a função da produção.

Neste contexto, TSANG (2002), acrescenta que a função da manutenção representa um papel decisivo no processo produtivo, sendo o principal responsável pela disponibilidade e confiabilidade dos sistemas, equipamentos e instalações.

#### **4.1.2. A relação entre manutenção e o sector da qualidade**

No contexto económico actual, de extrema concorrência, as empresas para manterem a sua competitividade necessitam de produzir artigos que respondam a um determinado nível de qualidade exigido pelos mercados consumidores. Essa qualidade, expressa nos produtos fabricados, não é mais do que o resultado do contributo de todos os sectores dentro de uma empresa.

Considerando o exposto, TSANG (2002), refere que a meta da qualidade é atingida, quando uma organização consegue satisfazer as necessidades dos clientes, sejam eles internos ou externos.

Neste cenário, denota-se que a manutenção tem como função, atender adequadamente às solicitações dos clientes internos, através da disponibilidade e confiabilidade operacional dos equipamentos ou instalações, considerando que o desempenho alcançado sobre estes irá ter um impacto directo ou indirecto nos produtos ou serviços que a empresa disponibiliza ao mercado. Desta forma, verifica-se que a manutenção influencia directamente o resultado alcançado pelo sector da qualidade, na medida em que as suas acções interventivas, ao nível dos equipamentos e instalações, irão reflectir-se na qualidade dos produtos fabricados, e consequente na satisfação dos clientes externos.

Nesta medida, podemos concluir que a manutenção tem um papel preponderante sobre o objectivo zero defeitos, procurado por qualquer sector de qualidade dentro de uma empresa.

## **4.2. A necessidade de mudança no conceito da manutenção**

As empresas, nas últimas décadas viram-se confrontadas com um elevado número de mudanças ao nível de conceitos e abordagens de gestão, produtos, tecnologias de processo, expectativas dos clientes e atitudes de fornecedores.

Estas mudanças derivam essencialmente do factor competitivo, pretendido alcançar por qualquer empresa (AHUJA *et al.*, 2006). Neste cenário actual, altamente dinâmico e em constante mudança, a competitividade global entre empresas tem conduzido a reorganizações na sua forma de actuar interna, como o objectivo de alterar a sua forma de estar externa, ou seja, nos mercados onde actuam (MIYAKE e ENKAWA, 1999).

A globalização dos mercados actuais induziu ao aumento da concorrência, bem como ao aumento da exigência pelos clientes (BASU, 2001 e GEORGE, 2002). Neste sentido, as empresas viram-se forçadas a melhorar o seu desempenho, concentrando-se no corte de despesas, no aumento dos níveis de produtividade e qualidade, bem como, na redução de prazos de entrega, a fim de satisfazerem os seus clientes (RAOUF, 1994).

Segundo, GOTOH (1991), HIPKIN e COCK (2000), as melhorias contínuas nas operações produtivas, por si só, não garantem a competitividade nem a rentabilidade sustentada, ou mesmo a sobrevivência das organizações (OKE, 2005).

Segundo os autores, BEN-DAYA e DUFFUAA (1995), PINTELON *et al.*, (2006), as empresas para enfrentarem os desafios impostos pela conjuntura competitiva actual, devem promover iniciativas de melhoria de desempenho em todos os aspectos das suas operações, como forma de promover a sua competitividade.

Tal como já abordado, nos últimos anos a evolução das tecnologias e filosofias de produção, tem vindo a ser alterada, em parte, pela adopção de novos conceitos de produção, tal como, o Lean manufacturing, JIT, TQM e Six-Sigma (PUN *et al.*, 2002). No entanto, nalguns casos os benefícios resultantes da adopção destas filosofias têm-se revelado de alguma forma limitada, resultante da falta de fiabilidade dos equipamentos produtivos (TAJIRI e GOTOH, 1992). Para este efeito, a eficácia da manutenção deve ser melhorada (MURTHY, 2002).

Ao longo de vários anos, existiu uma falta de sinergia entre a manutenção e os conceitos de gestão e estratégias de melhoria de qualidade nas organizações, bem como, uma falta de visão sobre a manutenção como um parceiro estratégico competitivo (WIREMAN, 1990). Como resultado desta inadequada visão sobre a manutenção, verificou-se que as empresas comprometeram a sua competitividade organizacional, reduzindo o seu rendimento e confiabilidade, através da rápida deterioração das suas instalações e equipamentos

produtivos, o que resultou na redução da disponibilidade dos equipamentos, resultante da excessiva inactividade destes. Tais factos conduziram à diminuição da produtividade, qualidade e incumprimento de prazos de entrega, tendo-se reflectido negativamente nas expectativas e satisfação dos clientes.

Confrontadas com esta realidade, as empresas sentiram que o desempenho, confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos produtivos era o principal factor para a rentabilidade dos sistemas produtivos (KUTUCUOGLU *et al.*, 2001).

Segundo MOUBRAY (2003), as organizações para serem bem-sucedidas, devem implementar estratégias de manutenção eficientes e estratégias de produção eficazes. Ainda segundo o autor, a visão por parte das organizações sobre a manutenção, como parte integrante do sucesso industrial, irá permitir às empresas pouparem elevadas quantidades de tempo, dinheiro e recursos úteis, para alcançarem a confiabilidade, disponibilidade e desempenho industrial.

A consciencialização por partes das grandes empresas a nível mundial, sobre a temática da importância da função manutenção dentro das organizações, levou-as a adoptar estratégias e filosofias de manutenção eficientes, tais como, a filosofia *CBM - Condition Based Maintenance*, *RCM - Reliability Centered Maintenance* e *TPM - Total Productive Maintenance*, em detrimento das tradicionais abordagens de manutenção reactiva (SHARMA *et al.*, 2005).

Resultante do reconhecido potencial da metodologia TPM, a nível mundial, bem como das vantagens competitivas que a mesma proporciona às empresas que a implementam, iremos de seguir abordar em detalhe esta filosofia.

#### 4.2.1. O conceito TPM

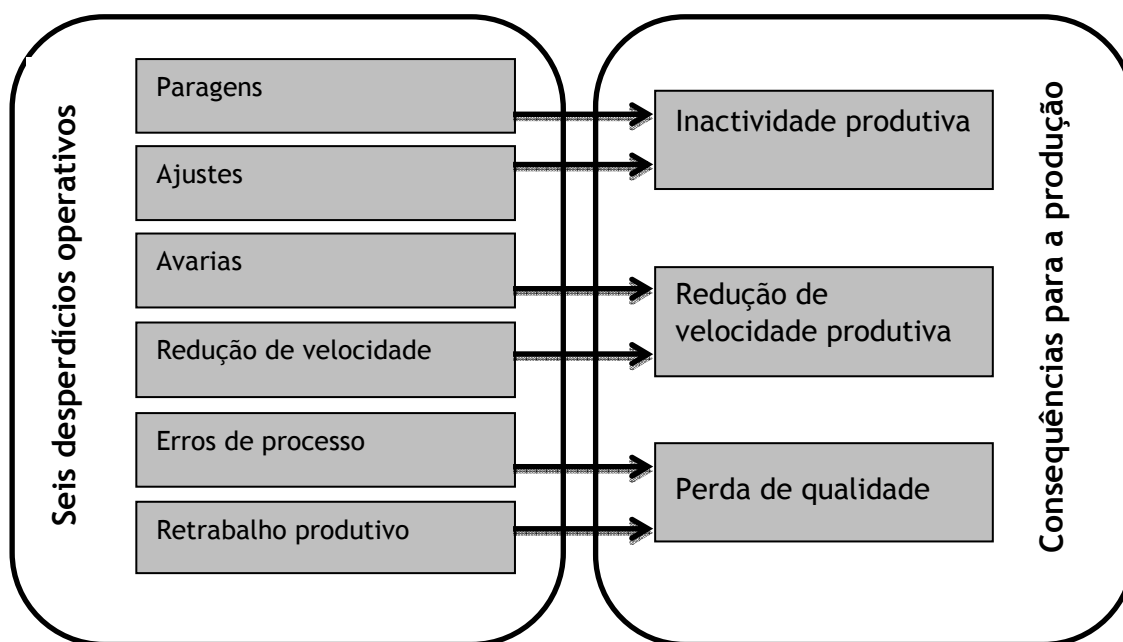
Quando os problemas associados ao sector da manutenção começaram a ser analisados como parte integrante do modelo TPM, alguns dos conceitos gerais, não se encaixavam no contexto da manutenção, em grande parte devido ao facto da maioria das empresas aplicarem técnicas de manutenção preventiva segundo calendários de manutenção, com intuito de manter as máquinas e equipamentos operacionais. Como resultado destas práticas, os equipamentos eram mantidos apenas ao ponto de não comprometerem a produção. As instruções e intervalos de manutenção fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos eram seguidos à risca, sem se pensar de um modo realista sobre as verdadeiras necessidades de manutenção para os equipamentos. O envolvimento do operador produtivo no programa de manutenção do equipamento era inexistente, e os técnicos de manutenção eram instruídos com base nos manuais disponibilizados pelos fabricantes dos equipamentos, que por vezes se encontravam desactualizados. A necessidade de ir mais além na manutenção, como método de estimular a produtividade e qualidade dos produtos, foi rapidamente reconhecida pelas empresas que se envolveram na filosofia TPM.

A filosofia TPM, de acordo com TAKHASHI e OSADA (2001), teve o seu início na década de setenta, no Japão, tendo sido originalmente criado por um fornecedor da Toyota Motors company, denominado por Nippon Denso,Co,Ltd.

Esta filosofia foi considerada a resposta do Japão ao conceito de manutenção produtiva, originalmente desenvolvido nos Estados Unidos da América. A filosofia TPM tem sido amplamente reconhecida como uma estratégia para melhorar o desempenho produtivo, promovendo o aumento da eficácia dos meios de produção (DWYER, 1999; DOSSENBACH, 2006). Segundo MOORE (1997), a filosofia TPM fornece às organizações que a adoptam, um guia para transformar as suas instalações, integrando, cultura, processos e tecnologia.

Do ponto de vista de ROUP (2003), a metodologia TPM surgiu como resposta à procura dos mercados, que ao se tornarem extremamente competitivos, obrigou as empresas a repensar a sua atitude dentro da sua estrutura organizativa, no que respeita, à redução ou eliminação de desperdícios, procura pelo maior desempenho das instalações e equipamentos, e redução de paragens produtivas, motivadas por avarias ou por intervenções planeadas.

Segundo MISHAWAKA e OLMEDO (2001), a implementação da filosofia TPM tem como objectivo eliminar seis desperdícios resultantes da operacionalidade dos equipamentos, sendo estes; paragens, ajustes, avarias, diminuição de velocidade, erros de processo e retrabalho produtivo. Estes factores influenciam negativamente a prestação do processo produtivo dentro de uma organização, no que respeita a paragens indesejáveis, redução do ritmo produtivo e diminuição de qualidade nos produtos transformados, conforme se apresenta na figura 4.2.



**Figura 4.2** - Objectivo operacional do TPM  
Fonte: (Adaptado de Mishawaka e Olmedo, 2001)

Neste contexto, a filosofia TPM tem sido reconhecida como uma estratégia com a qual as empresas podem melhorar o desempenho da manutenção e produção, a fim de alcançar o sucesso em ambientes comerciais extremamente competitivos (CONWAY e PERRY, 1999; BHADURY, 2000)

Segundo, AHUJA *et al.*, (2004), esta metodologia representa uma estratégia produtiva que tem sido implementada com sucesso a nível mundial, com intuito de promover melhorias organizacionais, com o objectivo de alcançar competências essenciais nos mercados competitivos.

Tal como anteriormente referido, e segundo SEKINE e ARAI (1998), o TPM é descrito como um conjunto de práticas que permitem a correcta implementação de metodologias de produção, na medida em que a confiabilidade e eficácia dos equipamentos são pré-requisitos essenciais para a implementação e sucesso dessas filosofias produtivas, apontando como exemplo o *Lean manufacturing*.

Segundo os autores, CONWAY e PERRY (1999) e BHADURY (2000), o TPM é reconhecido como uma inovadora metodologia que permite a optimização e eficácia dos equipamentos, através da eliminação de paragens por avarias, promovendo a manutenção autónoma pelos operadores produtivos através do envolvimento e interacção de todos os activos no processo da manutenção.

NAKAJIMA (1989), BAMBER *et al.*, (1999) e SUZUKI (1992), referem que a filosofia TPM é descrita como uma estratégia produtiva, que tem como objectivo atender à melhoria, não só produtiva, mas de toda a organização, conforme se apresenta de seguida:

- i) Promove a eficácia dos equipamentos, através da sua optimização, disponibilidade, desempenho, eficiência e qualidade dos produtos fabricados;
- ii) Promove a criação de uma estratégia de manutenção preventiva para o ciclo de vida total dos equipamentos;
- iii) Promove o envolvimento de todos os sectores industriais, permitindo a participação da produção, planeamento e demais sectores na actividade da manutenção;
- iv) Promove a participação e envolvimento da gestão de topo nas tarefas da manutenção;
- v) Promove a melhoria da manutenção, através da criação de grupos, que possam desempenhar actividades de manutenção autónoma.

Desta forma, verifica-se que a implementação do TPM nas organizações, promove a interacção e participação de todos os sectores com o sector da manutenção, através de uma combinação de boas práticas de trabalho, trabalho em equipa e melhoria contínua dos processos (COOKE, 2000).

Segundo CHOWDHURY (1995), a filosofia TPM não deve ser entendida como uma política de manutenção específica, mas sim como uma cultura, ou seja, uma nova atitude para com a manutenção no seio das empresas.

Para NAKAJIMA (1988), a palavra total, expressa na primeira sigla do TPM tem três significados; Eficiência total, ou seja a filosofia TPM através da implementação das suas práticas, procura a eficiência económica e rentabilidade da instalação; Sistema de manutenção total, que representa a adopção de práticas de manutenção preventiva capaz de introduzir o conceito facilidade e fiabilidade nas intervenções realizadas; Participação total, que promove o envolvimento e participação de todos os colaboradores da organização na actividade da manutenção. Em particular o operador produtivo, que assume responsabilidades pela execução de tarefas de manutenção na denominada manutenção autónoma.

A filosofia TPM promove uma gestão de envolvimento e participação de todos os intervenientes industriais, tentando aproveitar todas as potencialidades e competências dos seus intervenientes, através do incentivo pessoal em prol da organização (PATTERSON *et al.*, 1995; DAVIS e WILLMOTT, 1999).

Considerando o exposto, verifica-se que o conceito TPM tende a criar uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre o sector produtivo e o sector da manutenção, com o fundamento de promover a melhoria contínua da qualidade do produto, a eficiência operacional, a produtividade e a segurança da instalação (RHYNE, 1990; LABIB, 1999; SUN *et al.*, 2003).

De acordo com CHANESKI (2002), a filosofia TPM representa um programa de gestão de manutenção, com o objectivo de eliminar o tempo de inactividade dos equipamentos, dando resposta ao problema da produtividade, sem a necessidade de realizar novos investimentos em equipamentos produtivos.

Considerando o exposto, podemos referir que a filosofia TPM visa atingir os seguintes objectivos; Aumentar a disponibilidade operativa, com a redução de paragens; Aumentar a eficácia dos equipamentos, garantindo a qualidade dos produtos; Eliminar perdas, com a adopção de políticas de manutenção preventivas adequadas e com a introdução de práticas que permitam aumentar o tempo de vida útil dos equipamentos; Diminuir os custos inerentes ao longo do ciclo de vida dos equipamentos; Promover a participação de todos, como forma de rentabilizar os recursos disponíveis.

#### **4.2.2. OS PILARES DO TPM**

Como anteriormente referido, a filosofia TPM procura maximizar a eficácia dos equipamentos durante o seu ciclo de vida, mantendo-os em condições operativas óptimas, a fim de evitar, paragens inesperadas, perdas de velocidade e redução de qualidade.

Em termos operativos e de resultados, o TPM procura atingir as metas: zero defeitos, zero acidentes, zero avarias e contaminação ambiental zero, (NAKAJIMA, 1988; WILLMOTT,

1994; NOON *et al.*, 2000). NAKAJIMA (1988) refere que os equipamentos deverão ser utilizados em termos operativos, a 100% da sua capacidade e a 100% do seu tempo disponível.

Neste contexto, o TPM tem sido reconhecido como uma estratégia de produção global para aumentar a produtividade dos equipamentos. Dentro dos elementos que fazem parte dessa estratégia, incluem-se; a formação de equipas multifuncionais, capazes de responder a eventuais paragens, diminuindo o tempo inactivo dos equipamentos; criação de rigorosos programas de manutenção preventiva; promoção da eficiência de gestão de operações de manutenção; formação de operadores no âmbito das tarefas diárias de manutenção e criação de sistemas integrados de gestão e informação ao menor custo, garantindo a confiabilidade total dos sistemas produtivos (SWANSON, 2001).

As práticas para a implementação da filosofia TPM são usualmente descritas na literatura científica, como os pilares do TPM, (SANGAMESHWARAN e JAGANNATHAN, 2002).

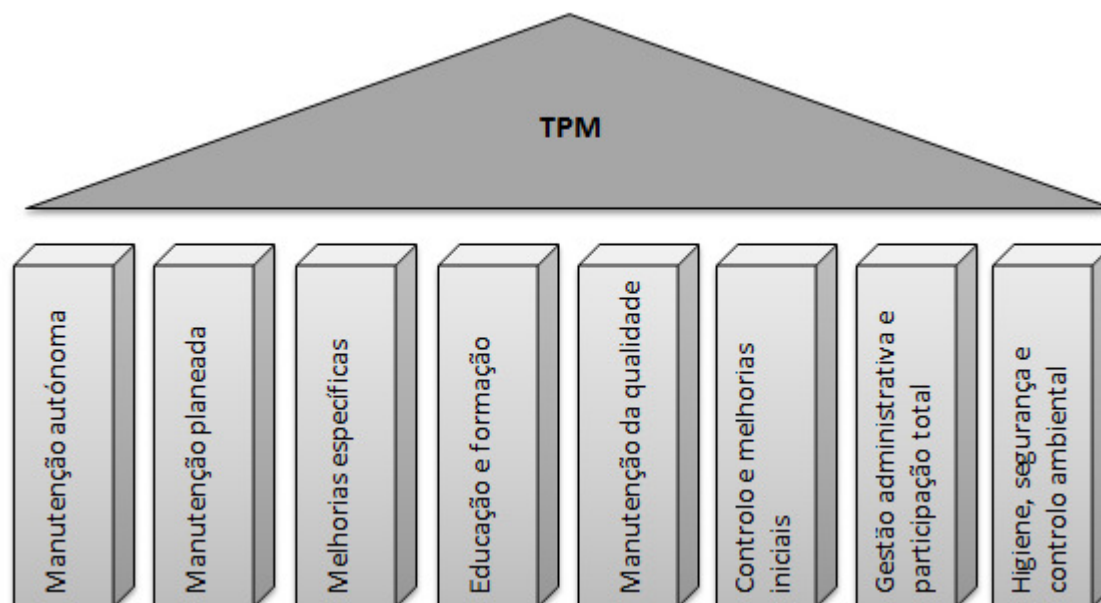
A definição dos pilares adoptados para a implementação do TPM, depende directamente da estrutura e filosofia da cada empresa, devendo estes ser ajustados e personalizados de acordo com a cultura empresarial existente e atendendo à nova cultura e objectivos que se pretendem alcançar.

MCKONE *et al.* (2001) defende que os pilares do TPM devem ser desenvolvidos por equipas coordenadas por gestores departamentais, sendo que a sua estrutura deve estar de acordo com a hierarquia da empresa.

O trabalho desenvolvido para a implementação dos pilares do TPM, deve ter em foco as seguintes dimensões: qualidade, produtividade, atendimento ao cliente, segurança e motivação dos activos humanos.

Segundo TAKHASHI e OSADA (1993), e NAKAJIMA (1988), as práticas do TPM foram inicialmente fundamentadas segundo cinco pilares. No entanto, novas pesquisas e estudos nas últimas décadas contribuíram para a introdução de três novos pilares de sustentação desta metodologia, passando esta a ser suportada por oito práticas, (IRLANDA e DALE, 2001; SHAMSUDDIN *et al.*, 2005; RODRIGUES e HATAKEYAMA, 2006 e JIPM - *Japan Institute of Plant Maintenance*).

Desta forma, os oito pilares que fundamentam e suportam a implementação do TPM encontram-se descritos na figura 4.3 e podem ser enunciadas pelas seguintes práticas; manutenção autónoma, manutenção planeada, melhorias específicas, educação e formação, manutenção da qualidade, controlo e melhorias iniciais, gestão administrativa e participação total, e higiene, segurança e controlo ambiental.



**Figura 4.3** - Pilares do TPM

Fonte: (Adaptado de Kazuo Hatakeyama, 2006)

Com base na estrutura que serve de suporte à filosofia TPM e resultante da importância que cada um representa para a manutenção, será de seguida feita uma abordagem detalhada de cada pilar:

- i) **Manutenção autónoma** - o objectivo desta prática é a melhoria da eficiência dos equipamentos, desenvolvendo a capacidade dos operadores para a execução de pequenas actividades de inspecção, lubrificação, reajustes e limpeza, mantendo o processo com os padrões estabelecidos, permitindo antecipar potenciais problemas.
- ii) **Manutenção planeada** - Promove a adopção de uma política de manutenção eficaz, consciencializando os intervenientes do processo, para as perdas decorrentes das avarias nos equipamentos, permitindo minimizar as falhas e defeitos ao menor custo.
- iii) **Melhorias específicas** - Promove a identificação e consequente eliminação das grandes perdas que reduzem a eficiência global dos equipamentos, através da aplicação do indicador, OEE- Overall Equipment Effectiveness, abordado em capítulo anterior deste trabalho.
- iv) **Educação e formação** - Este pilar, apresenta como objectivo o desenvolvimento de novas habilidades e conhecimentos para os intervenientes da manutenção e da produção. De acordo com a filosofia TPM, habilidade é o poder de agir de forma correta e autónoma, com base em conhecimentos adquiridos.



Segundo NAKAJIMA (1988), é fundamental capacitar o operador com formação e conhecimentos, para que este possa desempenhar a manutenção sem receio de cometer erros. Ainda segundo o autor, o TPM depende dos activos humanos para a obtenção de resultados efectivos, pelo que a formação é um investimento em que não se deve economizar, pois o retorno é garantido.

- v) **Manutenção da Qualidade** - Esta prática compreende actividades que se destinam a comprovar a confiabilidade dos equipamentos, garantindo assim a qualidade nos produtos transformados. Estas actividades enquadram-se na verificação e análise dos resultados obtidos em comparação com os valores padrão previamente definidos, como forma de prevenir defeitos, antecipando a resolução de eventuais problemas. O objectivo deste pilar é a obtenção de zero defeitos.
- vi) **Controlo e melhorias iniciais** - esta prática destina-se a consolidar toda a sistemática necessária para a tomada de conhecimento de eventuais inconvenientes e imperfeições nos equipamentos, com a consequente introdução de acções de melhoria ou alterações de projecto, que permitam adaptar os equipamentos à instalação e assim aumentar a produtividade e qualidade nos artigos produzidos.
- vii) **Gestão administrativa e participação total** - Esta prática tende não só, ao aprimoramento do trabalho administrativo, como também à eliminação das perdas geradas pelo trabalho de escritório, promovendo a eficiência de todas as actividades organizacionais, direccionadas para a dinamização e implementação do conceito TPM.
- viii) **Higiene, segurança e controlo ambiental** - Este pilar promove um conjunto de práticas que possibilitam e garantam a saúde, segurança e bem-estar dos funcionários e do meio ambiente. A saúde individual de cada pessoa deve ser uma preocupação de cada organização. A atenção por parte das empresas sobre estes factores fará com que as ausências por motivo de doença, ou decorrentes de acidente de trabalho diminuam consideravelmente.

### **4.2.3. A função da produção e da manutenção em contexto TPM**

Por vezes, dentro das empresas, denota-se a existência de uma relação conflituosa entre os intervenientes do sector da produção e da manutenção, resultante da falta de definição de competências particulares.

Desta forma, considerando que o sucesso da implementação do TPM depende em grande parte do empenho e motivação dos activos humanos, revela-se de extrema importância a correcta e clara definição de competências de cada sector no processo da manutenção, para que a sinergia criada possa conduzir aos resultados esperados com a implementação desta metodologia. Segundo LEACHMAN *et al.*, (2005) e ETI *et al.*, (2006), o TPM promove uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, especialmente entre a produção e a manutenção.

Esta metodologia visa a contínua melhoria da qualidade do produto, bem como a eficiência operacional e garantia da capacidade organizacional.

YAMASHINA (1995) refere que não importa o quanto as empresas estão equipadas com técnicas e equipamentos tecnologicamente avançados, considerando que são sempre os operadores produtivos e técnicos de manutenção que afectam o desempenho positivo ou negativo de uma fábrica.

Ainda segundo o autor, os operadores produtivos deverão participar na função da manutenção, tornando-se os principais responsáveis pela prevenção da deterioração dos equipamentos.

Desta forma, operadores e técnicos de manutenção deveram chegar a um entendimento mútuo sobre as suas funções e responsabilidade, no que respeita à conservação dos equipamentos produtivos (JOSTES e HELMS, 1994; LAWRENCE, 1999; BEN-DAYA e DUFFUAA, 1995). Na verdade, todos os sectores que tenham uma participação directa e de responsabilidade sobre os equipamentos produtivos devem cooperar e entender as suas funções específicas, de forma mutua (CO *et al.*, 1998).

Este esforço cooperativo irá permitir ao sector da manutenção concentrar as suas sinergias em tarefas que requeiram as suas valências técnicas específicas, bem como, disponibilizar e direccionar esforços, para que possam ser desenvolvidos trabalhos direccionados para a optimização dos equipamentos no que concerne ao aumento da capacidade produtiva e qualidade dos produtos transformados.

Considerando o exposto, serão de seguida apresentadas as responsabilidades dos operadores produtivos e técnicos de manutenção, no âmbito da conservação dos equipamentos em contexto da metodologia TPM:

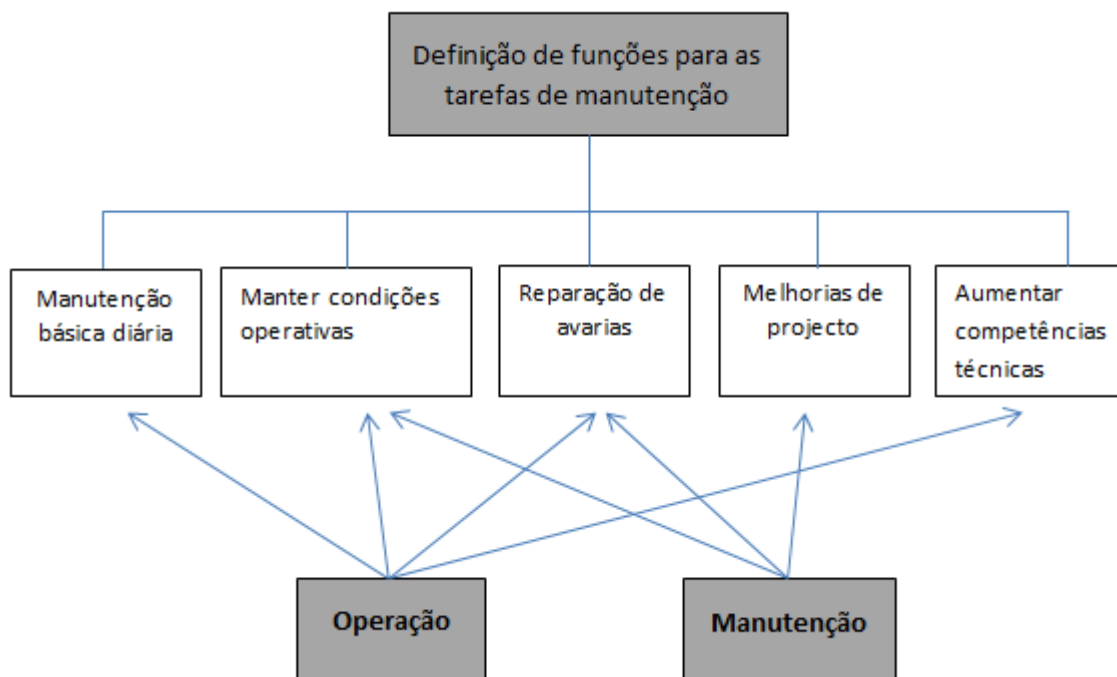
#### Responsabilidades da operação;

- i) Manter as condições operativas básicas dos equipamentos, com a implementação da manutenção autónoma, realizando tarefas de limpeza, lubrificação, inspecções visuais e uma operação adequada;
- ii) Identificar a deterioração precoce dos equipamentos, principalmente através de inspecção e sinais que possam indiciar futuras paragens ou diminuição de qualidade, resultante da operação;
- iii) Melhorar as habilidades produtivas, tais como a operação dos equipamentos, através de pequenos ajustes, evitando comprometer a confiabilidade e operacionalidade do equipamento;
- iv) Analisar permanente as características do produto transformado, comparando-as com as características padrão pré-definidas.

#### Responsabilidade da manutenção;

- i) Fornecer suporte técnico para as actividades diárias de manutenção, a cargo da operação;
- ii) Restaurar os equipamentos à sua condição operativa, atendendo às solicitações da operação de uma forma precisa e atempada;
- iii) Clarificar as normas de funcionamento dos equipamentos, resultantes do projecto inicial e promover projectos de melhoria e ajustes necessários ao aumento da capacidade produtiva;
- iv) Melhorar as habilidades da manutenção aos equipamentos, através da realização de check-ups, inspecções, revisões e acompanhamento constante das condições produtivas.

A figura 4.4 representa a interacção e responsabilidade entre os dois sectores, na garantia da eficácia da manutenção aos equipamentos produtivos, considerando a definição das tarefas e funções específicas, conforme sugerido pela metodologia TPM.



**Figura 4.4** - Contributo do sector da manutenção e operação para as actividades de manutenção  
**Fonte:** (Adaptado de F.Chan, H.Lau, H.Chan, S. Kong, 2003)

#### 4.2.4. Factores que condicionam o sucesso do TPM

Tal como anteriormente descrito, as vantagens resultantes da implementação das práticas sugeridas pela filosofia TPM, são de vária ordem. No entanto existem alguns factores que poderão comprometer os resultados esperados da aplicação desta metodologia.

Segundo CRAWFORD *et al.*, (1988) e BECKER (1993), alguns dos problemas que poderão conduzir ao fracasso da implementação do TPM, incluem: resistência cultural para a mudança, execução parcial do TPM, expectativas excessivamente optimistas, falta de rotinas bem definidas para alcançar os objectivos desta metodologia, falta de formação e educação, falta de comunicação organizacional e a errada forma de implementação do TPM, sem o necessário enquadramento particular das suas práticas à empresa em causa.

Já para COOKE (2000), MAGGARD e RHYNE (2001), IRLANDA e DALE (2003), um dos principais factores que conduzem ao fracasso do TPM, prende-se com a falta de capacidade que as organizações dispõem para contornar a resistência à mudança. Tal facto conduz os actores interventivos à relutância para alterar rotinas e hábitos nas suas tarefas diárias.

Considerando os operadores produtivos, MCADAM e DUFFNER (1996), defendem que essa relutância se deve em grande parte ao receio de que a implementação das práticas do TPM venha a aumentar a sua carga de trabalho imposta. Enquanto para os técnicos de manutenção, traduz-se num sentimento de insegurança sobre a manutenção do seu posto de trabalho.

Já para FREDENDALL *et al.*, (1997), as barreiras potenciais que muitas vezes afectam a implementação do TPM, resulta da incapacidade das organizações em coordenar recursos humanos, políticas de gestão e tecnologia.

MORA (2002), refere que apesar de nos últimos anos, muitas empresas a nível mundial tenham tentado implementar as práticas do TPM, menos de dez por cento delas tiveram sucesso. Desta forma, o autor considera que a base para atingir a plenitude dos objectivos do TPM encontra-se em primeira linha na mudança de cultura e comportamento de todos os empregados, nomeadamente, operadores, engenheiros, técnicos de manutenção e a própria administração da organização em causa.

Considerando o exposto, podemos concluir que o sucesso desta prática está intimamente ligado e directamente dependente de uma boa gestão humana.

Como acontece em todos os processos de gestão, é necessária a criar indicadores para avaliar o desempenho organizacional. Neste contexto, os indicadores utilizados para verificar e controlar a eficácia do TPM, incidem sobre a monitorização das seguintes variáveis: produtividade, custos, qualidade, segurança e motivação dos activos humanos.

Segundo os autores, IRLANDA e DALE (2001), existe um grande número de empresas que apenas definem indicadores de desempenho dos seus processos com intuito de satisfazerem os resultados esperados com as auditorias internas e externas à sua organização.

Ainda segundo os autores, esta atitude irá acabar por comprometer os resultados esperados com a implementação do TPM. Por outras palavras, a falta de compromisso dos gestores para com estas práticas, leva à ruína de toda uma estrutura pré-formulada e estabelecida.

De seguida encontram-se descritos os principais factores que podem influenciar negativamente a implementação das práticas descritas pela metodologia TPM;

- i) Crescente exigência aos operadores para aumento da capacidade produtiva;
- ii) Falta de tempo para a manutenção autónoma;
- iii) Operação de várias máquinas em simultâneo pelo mesmo operador;
- iv) Mentalidade dos operadores, de que o seu trabalho é a produção e não a manutenção;
- v) Implementação rápida do TPM sem a consolidação estrutural das suas práticas;
- vi) Falta de formação e aprendizagem, considerando não só os técnicos como também os órgãos de gestão;
- vii) Falta de acompanhamento na implementação e evolução do programa;
- viii) Objectivos não alcançados, sem apuramento das causas que conduziram a tal;
- ix) Falta de empenho por parte de encarregados e chefes superiores;
- x) Corte de verbas para a implementação das práticas do TPM, sem uma justificação clara aos responsáveis pela implementação.

Pela análise aos factores que influenciam negativamente a implementação do TPM, verifica-se que estes estão em grande parte relacionados com a sobrecarga de trabalho imposta aos operadores produtivos.

Esta sobrecarga refere-se, quer a factores internos como a factores externos às empresas. Dentro das organizações, aparentemente, a pressão e sobrecarga de trabalho pode induzir à percepção de um aumento de produtividade, mas num curto espaço de tempo irá revelar-se negativo. Neste cenário, o aumento dos custos produtivos com a crescente necessidade de retrabalho, assim como, pelas avarias nos equipamentos, não tardará a surgir (AHUJA e KHAMBA, 2008).

Esta sobrecarga de trabalho irá provocar a falta de participação dos operadores no processo TPM, limitando-os à função da produção, conduzindo, inevitavelmente para segundo plano a realização das tarefas de manutenção que lhes estão adstritas.

Quando tal acontece, não só a médio prazo a organização irá sofrer as consequências, como a curto prazo o operador se sentirá desmotivado e subvalorizado nas suas funções, visto que no início da implementação do TPM, este foi dotado de valências profissionais que lhe permitiriam actuar ao nível de pequenos ajustes, reparações e tarefas de manutenção preventiva, às quais perante este cenário se verá privado.

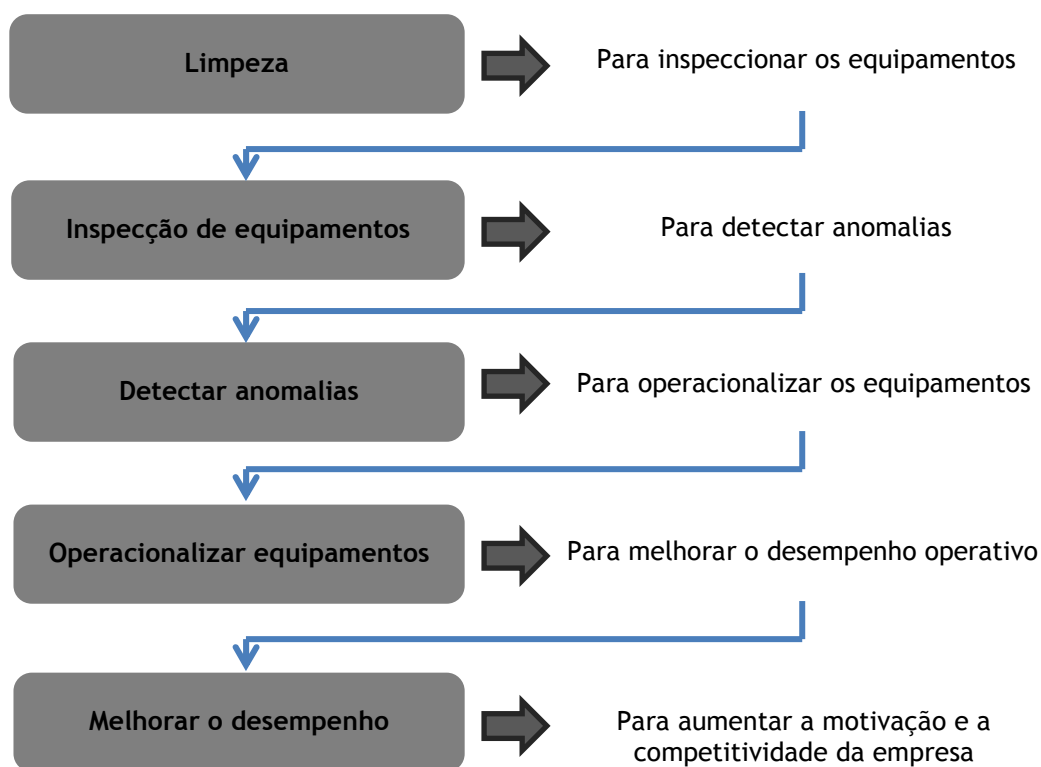
Outro factor de desmotivação, que com certeza irá condicionar os resultados esperados com a implementação do TPM, está em grande parte relacionado com a subvalorização de ideias, sugestões ou até ausência de resposta na participação dos operadores sobre a optimização do processo e propostas dirigidas para a melhoria dos equipamentos. Neste cenário, o operador irá tomar uma postura de desinteresse perante o equipamento e a organização, limitando-se ao objectivo quantificável da produção. Desta forma, as empresas irão perder um importante canal de informação que poderá conduzir à melhoria.

Além dos factores anteriormente referidos, segundo AHUJA e KHAMBA (2008), podemos ainda destacar outros factores que influenciam negativamente o sucesso do TPM, conforme se apresenta de seguida:

- i) Problemas resultantes da aquisição de peças ou materiais de reposição, impedindo a eficácia da manutenção planeada;
- ii) Dimensionamento incorrecto da equipe de manutenção responsável pelas actividades de manutenção programadas;
- iii) Alterações frequentes no cronograma de disponibilidade de máquinas, para realizar intervenções;
- iv) Falha sistemática no planeamento da manutenção;
- v) Desinteresse e falta de atitude da gestão de topo para com as práticas do TPM;
- vi) Desmotivação dos técnicos de manutenção, resultante da execução de tarefas por estes, que deveriam ser realizadas pela operação.

De forma a colmatar os factores anteriormente referidos, revela-se fundamental criar uma elevada interligação entre os vários sectores da organização, onde todos compreendam e acreditem no benefício dos resultados da implementação das práticas do TPM, para a organização em geral.

A figura 4.5 ilustra a importância na implementação do conceito de manutenção autónoma, e de que forma esta pode funcionar como estratégia diferenciadora para a actividade da manutenção, com benefícios para as organizações. Nesta figura é apresentado uma estrutura de causa-efeito, demonstrando em que medida, pequenas acções de manutenção a cargo dos operadores produtivos podem melhorar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, bem como fortalecer o compromisso, auto-estima e satisfação dos colaboradores no desempenho das suas tarefas para com a organização.



**Figura 4.5** - Influência de algumas acções de manutenção autónoma nas organizações.

**Fonte:** (Adaptado de M. Moradi, M. Abdollahzadeh, A. Vakili, 2011)

A interacção e desempenho das responsabilidades de cada um dos agentes no processo revela ser a base para o sucesso do TPM. Qualquer outra tentativa, fora desta visão global, resultará sempre num efeito paliativo para com as práticas do TPM (TRIPATHI, 2005). As alterações introduzidas com as práticas e iniciativas do TPM devem ser ancoradas nas organizações que as adoptem, devendo-se assim tornar parte integrante da rotina diária de todos (AHUJA e KHAMBA, 2008).

# Capítulo 5

---

## Estudo de caso

Neste capítulo é feito o enquadramento da empresa em estudo, com a descrição dos processos produtivos e equipamentos instalados que permitem concretizar a actividade do sector de abastecimento e tratamento de águas residuais. Neste capítulo, com base na literatura científica pesquisada e dados recolhidos na empresa, pretende-se demonstrar a importância do sector e actividade da manutenção, como forma de garantir e promover a sustentabilidade e crescimento da empresa, dentro do seu sector de actividade.



## 5. Estudo de caso

### 5.1. Considerações iniciais

Este capítulo inicia com a caracterização geral do sector de actividade que se dedica ao tratamento e abastecimento de água para consumo e tratamento de águas residuais em Portugal. Esta caracterização irá permitir o enquadramento deste sector de actividade com o fundamento e objectivos propostos para a realização do presente estudo de caso, que se enquadram nos objectivos gerais da presente dissertação.

A qualidade da água, por si só, tem uma grande influência sobre a saúde. Se não for adequada, pode ocasionar surtos de doenças e causar sérias epidemias, a curto, médio ou longo prazo.

A importância sanitária do abastecimento e tratamento de águas residuais deve ser entendido como um serviço público a que todos tenham direito. A implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água traz como resultado uma rápida e sensível melhoria na saúde e nas condições de vida de uma comunidade, principalmente, por meio do controlo e prevenção de doenças. Desta forma, podemos dizer que constitui o melhor investimento em benefício da saúde pública.

Em Portugal, o sector de águas e resíduos, materializado através dos serviços de abastecimento e saneamento público de água à população, tem naturalmente uma importância fundamental na sociedade. Não é possível enquadrar o verdadeiro desenvolvimento do nosso País, sem ter em conta a necessidade de dispor destes serviços de forma generalizada em todo o território e com uma aceitável qualidade de serviço.

Este sector de actividade compreende não só, os serviços de abastecimento de água às populações, urbanas e rurais, e às actividades associadas, como os serviços, o comércio e a indústria, mas também, a drenagem e o tratamento de águas residuais urbanas, que incluem as águas residuais de origem doméstica, industrial e pluvial. Estas duas actividades têm, tradicionalmente sido tratadas em conjunto, verificando-se todavia, que a actividade de abastecimento de água apresenta níveis de atendimento muito superiores aos registados na actividade de saneamento de águas residuais.

Desde 1993 à actualidade, o grupo AdP - Águas de Portugal, integrado no sector empresarial do Estado, tem assumido a responsabilidade de desenvolver e gerir os sistemas multimunicipais de abastecimento de água para consumo público e de saneamento de águas residuais. No domínio do Ambiente, o Grupo Águas de Portugal desenvolve ainda, através de

empresas especializadas, actividades no domínio da reciclagem de água, tratamento e valorização de lamas produzidas em ETAR - estações de tratamento de águas residuais.

Na actualidade, em Portugal fazem parte do grupo Adp quarenta empresas, das quais vinte são concessionárias de sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, que se encontram distribuídas por todo o território nacional, tentando abranger toda a população com os seus serviços.

Actualmente, verifica-se que as empresas pertencentes ao grupo AdP, são responsáveis pelo abastecimento de água a 80% da população portuguesa e pelo saneamento de águas residuais a 60% dos habitantes, enquanto que para o sector da recolha e tratamento de resíduos sólidos, as empresas do grupo atingem 70% da população. Com vista a aumentar a população abrangida por este serviço público, bem como a qualidade do mesmo, o grupo AdP, através das empresas que dele fazem parte, promove actualmente o desenvolvimento do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR II) e a implementação do Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), no âmbito dos quais prevê alargar o serviço de abastecimento de água a 95% da população portuguesa, aumentar para 90% a prestação de serviços na área do saneamento de águas residuais e aumentar para 98% a população abrangida pelo tratamento e valorização de resíduos sólidos urbanos (RSU).

É neste âmbito que se inserem as parcerias estabelecidas com os Municípios, as quais estão a ser reforçadas com vista à criação e operacionalização de novos sistemas multimunicipais de abastecimento de água e de saneamento, bem como, para o desenvolvimento e consolidação dos sistemas multimunicipais de resíduos sólidos urbanos.

A aplicação do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas residuais terminado em 2006 (PEAASAR I) permitiu iniciar o crescimento do nível de atendimento nacional em termos de saneamento básico ao adoptar como objectivo a necessidade de se proporcionar à população portuguesa níveis de protecção ambiental e de qualidade de vida equivalentes à dos parceiros europeus.

Este objectivo implicou uma qualificação das infra-estruturas existentes e a respectiva gestão das mesmas, por forma a serem atingidos os níveis pretendidos de serviço prestado.

Os resultados obtidos com este plano permitiram constituir uma situação de referência, a partir da qual foi definida uma estratégia de desenvolvimento do sector, entre 2007 a 2013, com a implementação do já referido PEAASAR II. Além dos objectivos genéricos deste plano, abordados anteriormente, no que respeita ao aumento da população abrangida pelos serviços de abastecimento e tratamento de águas, o PEAASAR II, apresenta ainda as seguintes metas:

No contexto da continuidade e qualidade do serviço, o plano propõe:

- i) Obter níveis adequados de qualidade de serviço, mensuráveis pelos indicadores de qualidade definidos;
- ii) Estabelecer a nível nacional tarifas ao consumidor, evoluindo tendencialmente para um intervalo compatível com a capacidade económica das populações;
- iii) Renovar e reabilitar as instalações, essencialmente para colmatar o processo de redução de perdas nas redes de abastecimento de água.

No contexto da sustentabilidade do sector, o plano prevê:

- i) Garantir a recuperação integral dos custos incorridos dos serviços;
- ii) Optimizar a gestão operacional e eliminar custos de ineficiência;
- iii) Aumentar a produtividade e a competitividade do sector através de soluções que promovam a eco-eficiência.

No contexto da protecção dos valores ambientais, o plano assume:

- i) Cumprir os objectivos decorrentes das normas nacionais e comunitárias;
- ii) Garantir uma abordagem integrada na prevenção e controlo da poluição provocada pela actividade humana e pelos sectores produtivos;
- iii) Renovação e reabilitação das instalações de tratamento de águas residuais, garantindo a saúde pública e preservação do meio ambiente.

Por forma a garantir o sucesso dos investimentos e o cumprimento das metas estabelecidas pelo PEAASAR II, revela-se essencial que a instalação dos sistemas garanta a sustentabilidade futura do sector, através de uma exploração tecnicamente qualificada e em condições de gerar receitas necessárias à cobertura de todos os encargos de funcionamento e manutenção das instalações e respectivos equipamentos em condições apropriadas. Perante o exposto, verifica-se que a actividade da manutenção tem um papel de extrema importância para que possam ser alcançados os objectivos propostos com este plano, que se resumem na sustentabilidade do sector, eficiência das instalações, atendimento à saúde pública, preservação ambiental e alargamento dos serviços à população. No que respeita à obtenção de níveis de qualidade de serviço adequados, redução de tarifas ao consumidor, optimização da gestão operacional, eliminar custos de ineficiência, garantir a preservação do meio ambiente e aumento da produtividade e competitividade, denota-se que são objectivos alcançáveis com a adopção de uma cultura correcta de gestão e implementação da actividade da manutenção, nas instalações e equipamentos que fazem parte das empresas do grupo AdP.

Desta forma, para o presente estudo de caso, iremos de seguida direccionar atenções para uma das empresas que pertence a este grupo, sendo actualmente responsável pelo abastecimento e tratamento de águas nos Municípios que integram a região de Trás-os-Montes e Alto Douro.

## **5.2. Descrição da empresa em estudo**

A empresa Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, SA, doravante neste trabalho denominada por AdTMAD, é na actualidade a empresa concessionária do grupo AdP para prestar serviços de tratamento e abastecimento de água e tratamento de águas residuais na região de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Esta empresa, com sede no Município de Vila Real, foi criada em Outubro de 2001 com o fundamento de resolver os problemas manifestados na região Transmontana, ao nível da qualidade e disponibilidade da água abastecida, assim como, dos baixos índices de atendimento prestados ao nível do saneamento.

Segundo testemunhos dos representantes legais da empresa, a AdTMAD tem plena consciência da importância da sua actividade e dos serviços prestados, bem como das suas responsabilidades no cumprimento das metas nacionais e comunitárias estabelecidas no sector de abastecimento de água para consumo humano e tratamento de águas residuais, mas acima de tudo, da importância e responsabilidade que o serviço prestado representa para a comunidade. A AdTMAD estipula como prioridade máxima garantir a qualidade dos serviços prestados aos seus clientes, assumindo como compromisso, potenciar a gestão sustentada e otimizar soluções relativas ao abastecimento de água e saneamento, contribuindo para melhorar a qualidade ambiental e de vida da população inserida na região Transmontana, com um custo justo e aceitável.

De referir que a política empresarial da AdTMAD, é pautada pela valorização e satisfação integral dos seus colaboradores, accionistas, fornecedores e comunidade, procurando ir de encontro aos seus requisitos, de forma sistemática e objectiva.

Para garantir o serviço de abastecimento e tratamento de águas, a AdTMAD é responsável pela adjudicação de contractos que promovam a construção de infra-estruturas e instalação de equipamentos, bem como, por realizar a exploração, reparação, renovação e manutenção das suas instalações. No âmbito do presente trabalho, a Administração da empresa, reconhece a importância do sector e actividade da manutenção em geral, como contributo essencial para que a empresa possa manter a sua sustentabilidade e cumprir os deveres que acarreta perante a sociedade. O serviço de tratamento e abastecimento de água, prestado pela AdTMAD no sistema multimunicipal, diz respeito a um serviço em “alta”, ou seja a responsabilidade de actuação da empresa encontra-se a montante da rede de

distribuição. Em traços gerais, a sua actuação envolve a captação de água, tratamento e entrega da mesma nos reservatórios municipais, sendo o serviço em “baixa”, ou seja a distribuição ao consumidor final da responsabilidade dos municípios locais. Da mesma forma se processa o serviço de tratamento de águas residuais, considerando o processo inverso. Para a realização deste serviço, a AdTMAD procede à recolha de águas residuais em “alta”, conduzindo-as para tratamento, sendo da responsabilidade dos municípios a recolha em “baixa”, ou seja, nos locais de produção, com a consequente entrega em pontos de recolha pela AdTMAD. Actualmente, os serviços de abastecimento e tratamento de águas residuais prestados pela AdTMAD, abrangem a área geográfica de trinta municípios, considerados os seus clientes, sendo estes: Alfândega da Fé, Alijó, Armamar, Boticas, Bragança, Chaves, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Macedo de Cavaleiros, Mesão Frio, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Montalegre, Murça, Peso da Régua, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Valpaços, Vila Flor, Vila Nova de Foz Côa, Vila Real e Vinhais.

No que respeita ao abastecimento de água, os níveis de atendimento pela empresa são bastante elevados em quase todos os municípios, no entanto a qualidade e a disponibilidade de água, nomeadamente no Verão, revelam-se insuficientes. Ao nível dos serviços de saneamento, a região é caracterizada por um baixo índice de atendimento à população, subsistindo um deficiente tratamento de efluentes que contribui para a degradação dos recursos hídricos existentes, em grande parte pelo défice de instalações existentes para este efeito.

O sistema multimunicipal de abastecimento da AdTMAD foi criado para satisfazer as carências da população na região onde actua, no que respeita à regularidade de tratamento, abastecimento e à qualidade da água, tendo sido dimensionado para fornecer anualmente 41 milhões de m<sup>3</sup> de água a cerca de 438 mil habitantes.

A figura seguinte mostra as sub-regiões integradas na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, nas quais, a AdTMAD presta os seus serviços e possui as suas instalações produtivas, conforme iremos abordar de seguida. Cada uma destas sub-regiões dispõe de uma delegação, onde é desenvolvida toda a coordenação e gestão local das actividades de operação e manutenção às instalações da empresa.

Devido à vasta extensão territorial de actuação da empresa, o presente estudo de caso irá incidir sobre as instalações do sistema de abastecimento de água e sistema de águas residuais afectos à sub-região do Vale Douro Sul, conforme iremos ver mais à frente neste trabalho.

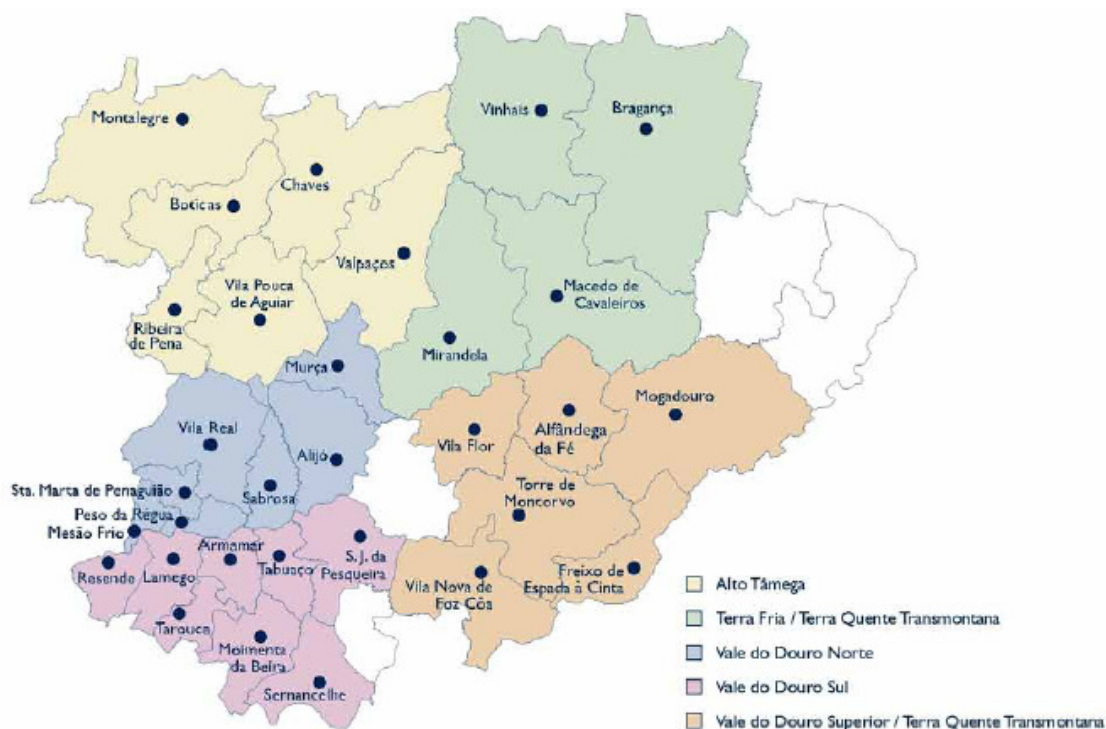


Figura 5.1 - Região de actuação da AdTMAD, com representação das sub-regiões e seus Municípios.

No que respeita ao sistema de abastecimento de água, doravante denominado por SAA, a empresa dispõe as suas instalações pelos processos de captação, tratamento, transporte e entrega de água aos 30 municípios abrangidos pelo sistema multimunicipal. O SAA da AdTMAD é composto na sua totalidade por 36 captações de água, 25 estações de tratamento de água (ETA), cerca de 1350 quilómetros de condutas adutoras, 92 estações elevatórias e 93 reservatórios.

Não obstante ao elevado número de instalações existentes, verifica-se que a região enfrenta alguns problemas que se prendem com a grande multiplicidade dos sistemas instalados e com a dominância de captações subterrâneas. Alguns destes sistemas, além de não garantirem a qualidade da água distribuída, apresentam uma baixa fiabilidade com frequentes falhas no abastecimento, em particular durante a época de Verão, onde se verifica um aumento considerável de população nesta altura, visto esta região se caracterizar por ter uma grande percentagem da sua população emigrada, que regressa de férias nessa época do ano.

No que respeita ao sistema de águas residuais, doravante denominado por SAR, a área de concessão da AdTMAD, é caracterizada por baixos índices de atendimento à população, resultante do insuficiente número de instalações existentes, apresentando taxas inferiores à média nacional no que respeita à população servida com este serviço.

Verifica-se que o número de instalações existentes no SAR servem aglomerados populacionais de reduzida dimensão. Apesar de existirem algumas estações de tratamento de águas residuais (ETAR), denota-se a predominância de fossas sépticas na área de actuação da empresa.

O SAR da AdTMAD é composto por 118 ETAR, para tratamento de águas residuais, 410 quilómetros de emissários e 79 estações elevatórias. Actualmente o SAR da empresa, tem capacidade para tratar cerca de 24 milhões de m<sup>3</sup> de águas residuais por ano, quer domésticas e industriais, que correspondem a uma população abrangida de 303 mil habitantes, aproximadamente.

Além da construção de novas infra-estruturas, o projecto actualmente em curso engloba a reabilitação de algumas instalações existentes, com vista a serem integradas no sistema.

Por forma a terminar a descrição geral da empresa, verifica-se que a AdTMAD possui um sistema de gestão integrado (SGI) para a qualidade, ambiente e segurança, tendo obtido o respectivo certificado em Outubro de 2009, segundo os referenciais normativos ISO 9001:2008, para a qualidade, ISO 14001:2004, para ambiente e OHSAS 18001:2007 para a segurança e saúde no trabalho. Nesta matéria, a empresa pauta a sua conduta pelas seguintes linhas de orientação: Manter um sistema de gestão da qualidade que permita sistematizar um conjunto de regras simples e eficazes, de forma a chegar a todos os colaboradores, adequado às suas actividades e orientado pelos seus objectivos; Efectuar uma gestão eficiente e desenvolver um trabalho de inovação e aperfeiçoamento de tecnologias, no sentido de minimizar os impactos ambientais decorrentes das suas actividades e racionalizar a utilização de recursos naturais; Assegurar um ambiente de trabalho seguro e de salutar para os seus colaboradores e prestadores de serviços, diminuindo o risco de incidentes e doenças profissionais; Adoptar boas práticas ambientais e estabelecer estratégias de prevenção, quer nas fases de concepção e construção das suas infra-estruturas, quer na sua exploração; Promover incessantemente a satisfação dos seus clientes e melhorar continuamente a qualidade dos seus processos, produtos e serviços, procurando reduzir os riscos, prevenir a poluição e aumentar a eficácia do SGI, garantindo e promovendo o envolvimento de todos os colaboradores; Divulgar e comunicar a sua política a todos os seus colaboradores, parceiros de negócio e prestadores de serviços.

De forma a caracterizarmos detalhadamente a actividade da empresa, será feita de seguida uma abordagem as etapas dos processos do SAA e SAR.

### **5.3. Principais etapas dos processos do SAA e SAR**

Conforme abordado anteriormente, a actividade da empresa, encontra-se dividida por dois processos de actuação distintos, ou seja: tratamento e abastecimento de água para consumo e tratamento de águas residuais.

O processo SAA compreende cinco grandes fases, conforme passamos a descrever:

A primeira fase inicia-se pela captação de água em meios hídricos superficiais ou subterrâneos, nomeadamente, barragens, albufeiras, assim como através de furos artesianos.

Aqui, a empresa dispõe de origens em quantidade e qualidade suficiente para cobrir as necessidades que assegurem a fiabilidade no abastecimento a toda a população abrangida.

A segunda fase respeita à elevação da água captada até ao local de tratamento da mesma.

Esta fase revela-se necessária, compreendendo que o ponto de recolha da água bruta se encontra a uma cota inferior ao local de tratamento da mesma. Por razões óbvias os pontos de recolha estão situados numa posição geográfica baixa, que permita a maior recolha e armazenamento de água nas suas bacias de retenção. Para além do exposto, o facto de esta fase ser realizada sob pressão e não por gravidade, resulta das vantagens decorrentes para o processo de tratamento, nomeadamente para os equipamentos instalados. A terceira fase diz respeito ao tratamento da água propriamente dito. Este processo desenrola-se em ETA, com o fundamento de corrigir as características físicas, químicas e biológicas da água, de maneira a torná-la adequada para consumo, sendo esta fase do processo denominada pela fase líquida.

As lamas extraídas e resultantes da fase líquida passam por um processo de espessamento, que incorpora o processo da fase sólida. A concepção e instalação de cada ETA, difere de instalação para instalação, no que respeita à sua capacidade produtiva, assim como, pelo método ou processo instalado para realizar o tratamento, no entanto o fundamento básico final mantém-se inalterado para qualquer uma delas. A quarta fase do processo é integrada pela adução, ou seja, o processo de transporte da água tratada em ETA, até ao ponto de entrega ou armazenamento em “alta” da mesma.

A fase de adução pode compreender uma distância muito elevada, chegando mesmo a atingir dezenas de quilómetros de condutas que permitem o transporte da água ao ponto de entrega final. Por fim, a quinta fase compreende o armazenamento da água em “alta”. Este armazenamento é conseguido com recurso a reservatórios existentes para o efeito, que permitem o abastecimento de água aos reservatórios em “baixa”, existentes na área circundante a esta instalação. Em determinadas situações, resultante da distância entre a ETA e os reservatórios, verifica-se a necessidade de corrigir alguns parâmetros no tratamento da água, que foram alterados no processo de transporte realizado na fase de adução.



Considerando o processo do SAR, verifica-se que este é realizado em quatro fases gerais, sendo estas:

Recolha das rejeições provenientes de fontes tóxicas de origem urbana; transporte para local de tratamento; tratamento; e descarga das águas e sólidos tratados em condições que não adulterem a qualidade da água, bem como os demais meios receptores. Serão de seguida descritas em pormenor cada uma das referidas fases.

A primeira fase, denominada por drenagem, diz respeito à recolha das águas residuais em “alta”, ou seja, no local onde a rede municipal deposita a recolha feita em “baixa”.

A segunda fase é caracterizada pela elevação. Esta fase acarreta a condução das águas residuais desde os locais de recolha, até ao local de tratamento, podendo o transporte das águas residuais ser feito sob pressão ou em modo gravítico. Contrariamente ao processo do SAA, no SAR denota-se a predominância desta fase em modo gravítico, em virtude das instalações de tratamento se encontrarem estrategicamente a uma cota inferior ao local de produção dos resíduos.

A terceira fase diz respeito ao processo de tratamento das águas residuais, sendo este realizado em estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Nesta fase são realizadas correcções das características físicas, químicas e biológicas, considerando as características do meio receptor, no final do tratamento. Esta fase é subdividida em duas subfases, resultante da tipologia do material tratado, ou seja, a fase líquida, pode resultar na eventual reutilização das águas residuais tratadas, para usos compatíveis com a sua qualidade. A fase sólida compreende o tratamento das lamas geradas no processo produtivo da ETAR.

Por último, a quarta fase compreende o processo de transporte para destino final do resultado do tratamento das águas residuais efectuado na fase líquida, habitualmente descarregadas em meio hídricos, assim como, do resultado da fase sólida, através do transporte das lamas para destino adequado, usualmente destinadas para a agricultura, ou transportadas para aterro sanitário.

Na figura 5.2, encontram-se esquematizadas as fases do processo produtivo do SAA e SAR, respeitante à actividade da AdTMAD.

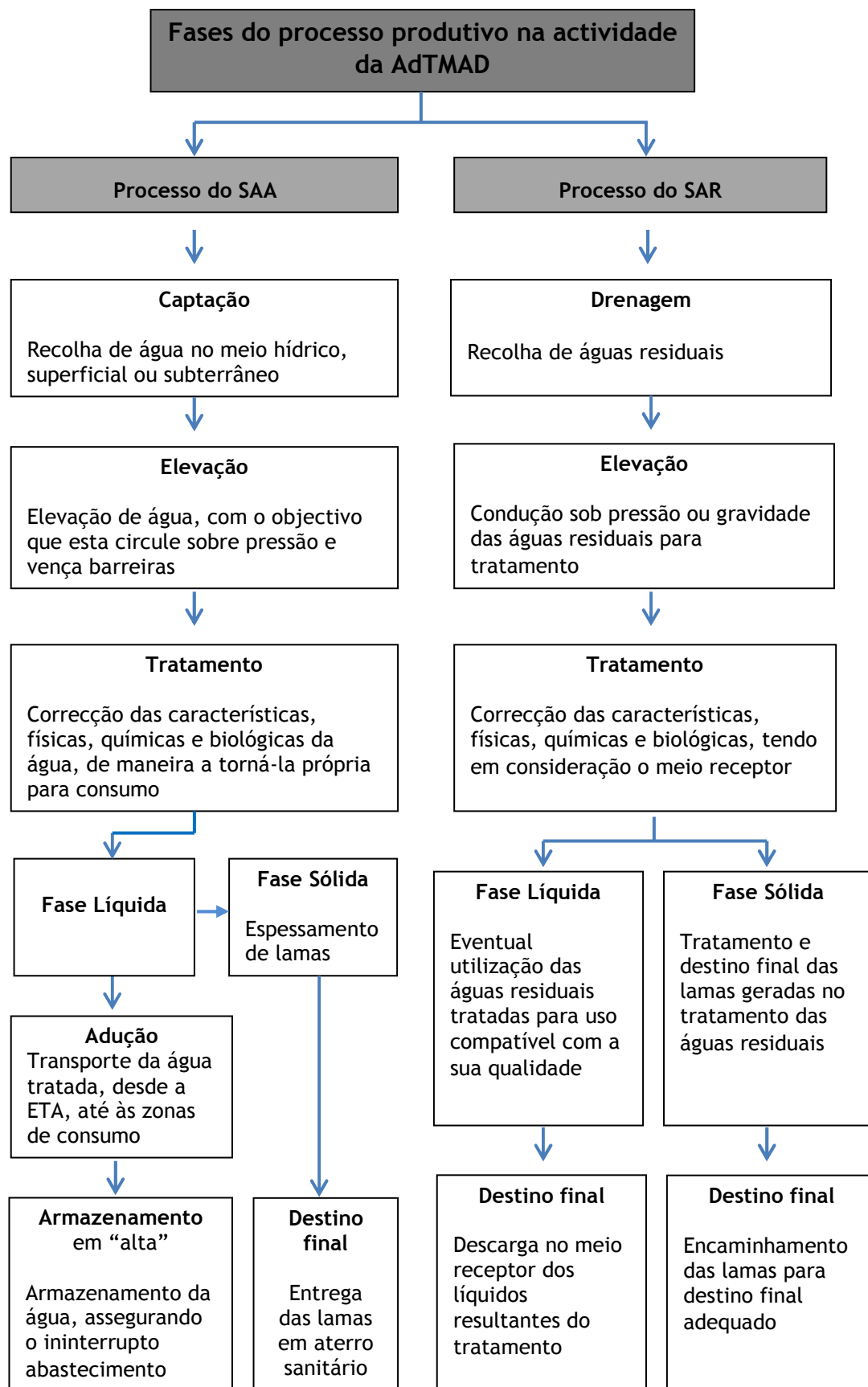


Figura 5.2 - Etapas gerais do processo do SAA e SAR.

## 5.4. Organização estrutural da empresa

Considerando que a estrutura organizacional de uma empresa representa um pilar essencial para atingir o sucesso empresarial, traduzindo em linhas gerais toda a envolvência da actividade organizativa, bem como, a interligação e comunicação departamental no processo como um todo, é apresentado na figura 5.3 o organigrama geral da empresa em foco.

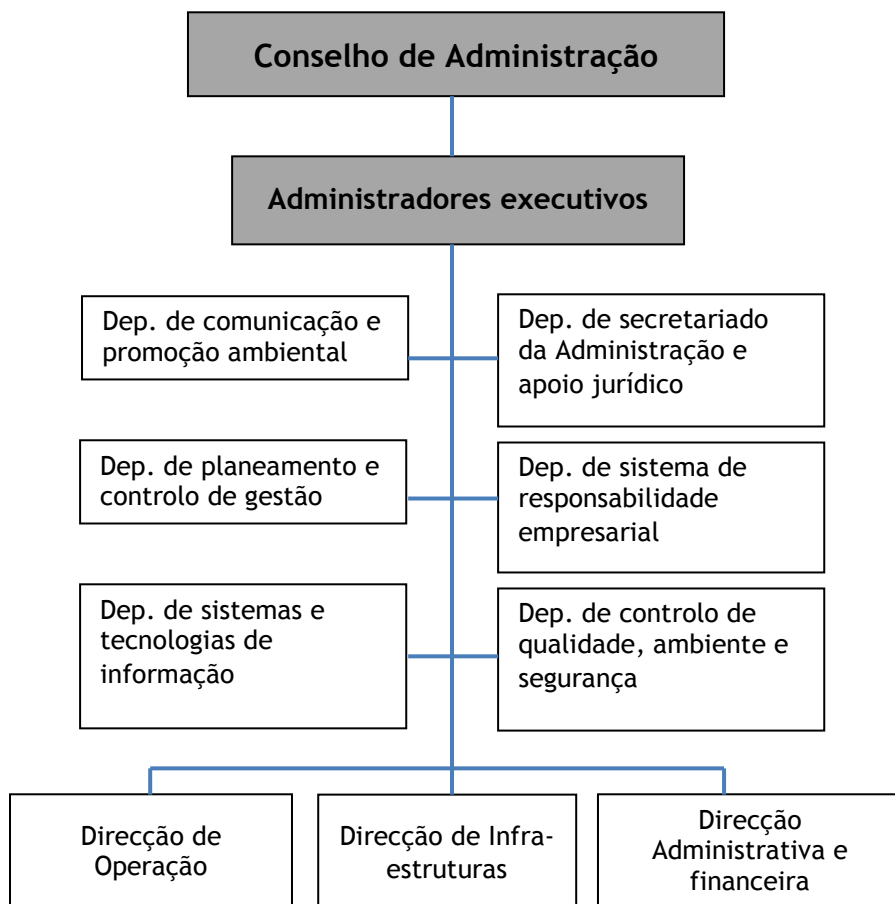


Figura 5.3 - Organigrama geral da empresa

De um modo geral, a empresa aparenta ter uma estrutura sólida, com linhas estruturais de responsabilidade departamental bem definidas. Actualmente a empresa conta com um activo total de duzentos e vinte e quatro colaboradores.

Considerando especificamente o sector da manutenção na empresa verifica-se que este está sob a dependência da Direcção de Infra-estruturas, e conta com um Coordenador geral, um Subcoordenador, cinco Responsáveis de manutenção e dez equipas de técnicos nas especialidades de electricidade e mecânica, totalizando vinte e sete colaboradores que dedicam exclusivamente a sua actividade à manutenção.

A Direcção de infra-estruturas e ambos os Coordenadores desenvolvem as suas funções na Sede da empresa, enquanto que os cinco Responsáveis de manutenção, assim como as equipas técnicas, encontram-se uniformemente distribuídos pelas cinco sub-regiões apresentadas na figura 5.1. Em virtude da vasta área geográfica abrangida pela empresa e dispersão das suas instalações, denota-se que esta distribuição descentralizada tem como objectivo promover uma maior proximidade das equipas técnicas e Responsáveis de manutenção às instalações produtivas, permitindo uma resposta mais célere por parte destes, às solicitações de emergência, bem como para a execução das acções de manutenção preventiva e de melhoria.

Na figura seguinte, encontram-se representados os níveis de dependência e organização estrutural do sector de manutenção da empresa.

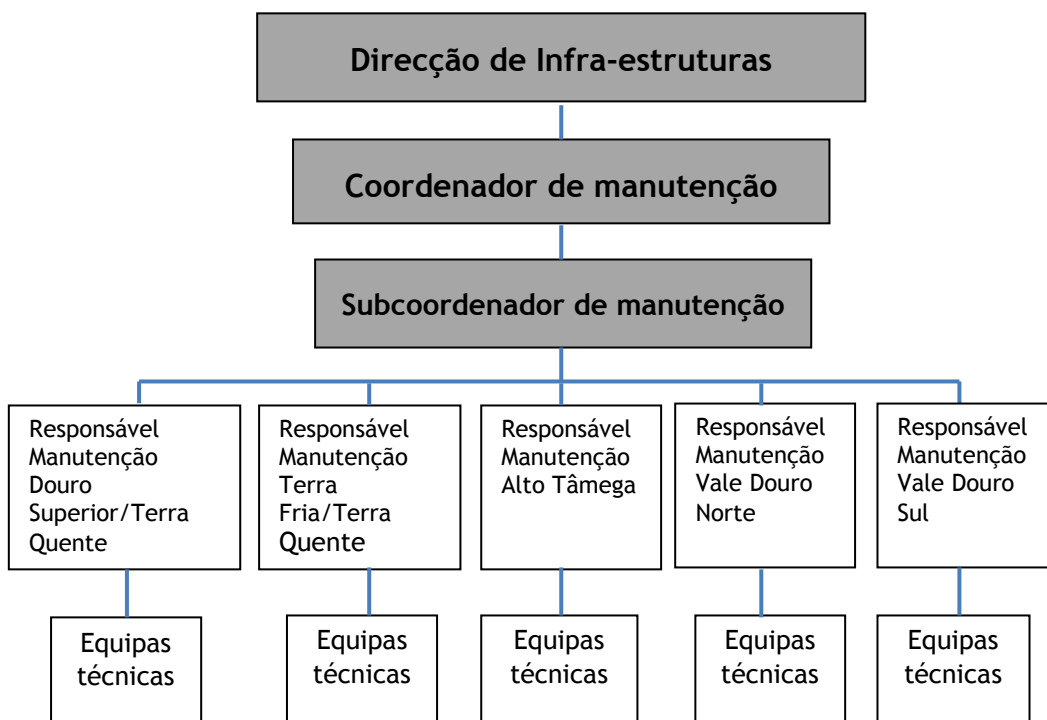


Figura 5.4 - Organograma específico do sector da manutenção

Tal como referido anteriormente, cada região dispõe de uma delegação onde desenvolve a coordenação local das suas actividades de operação e manutenção. Em cada uma das referidas delegações, verifica-se a existência de uma oficina técnica equipada com diversos materiais e ferramentas, onde são realizadas acções de manutenção específicas aos equipamentos afectos às instalações de cada região.

## **5.5. Organização do sector da manutenção da AdTMAD**

Tal como anteriormente referido, o sector de manutenção da empresa denota-se ter uma organização do tipo descentralizada, em virtude da forma como processa a distribuição dos responsáveis e técnicos de manutenção, que se encontram alocados a cada uma das sub-regiões da empresa.

Resultante da vasta dispersão das instalações produtivas ao longo de toda a área de actuação da AdTMAD, esta parece ser a organização mais adequada para o sector da manutenção, possibilitando a gestão e planeamento local das acções de manutenção de uma forma mais eficaz. Estando esta dirigida aos equipamentos e instalações numa determinada zona, garantindo a actuação dos técnicos de manutenção de uma forma mais fácil e rápida às solicitações programadas e impostas.

No que concerne à gestão da actividade da manutenção, verifica-se que esta é suportada pela utilização de um *software* de gestão de manutenção, denominado por “Máximo”. Este *software* representa uma ferramenta importante para o sector da manutenção, auxiliando as tarefas de planeamento e gestão de todas as actividades de manutenção, no que respeita, à alocação de meios humanos e materiais e à calendarização das actividades e registo de histórico das intervenções por equipamento produtivo. Devido à importância desta ferramenta para a actividade da manutenção na empresa, retomaremos a este tema mais à frente neste trabalho.

### **5.5.1. Planeamento da manutenção**

No que respeita ao planeamento das actividades da manutenção, verifica-se, que este faz parte das funções directas do Responsável de manutenção de cada sub-região, em articulação com o Subcoordenador da manutenção quando a acção ou tarefa a executar o justifica. O planeamento das actividades de manutenção é realizado e distinguido pela tipologia das acções a desencadear, ou seja, acções preventivas, correctivas ou de melhoria.

Verifica-se que para o caso das acções de manutenção preventiva, o planeamento é realizando segundo um plano de manutenção pré-definido, em uso na empresa, onde se encontram todas as informações e recursos humanos e materiais necessários à realização da intervenção. Para este tipo de manutenção, o agendamento está dependente da disponibilidade das instalações ou equipamentos, pelo que esta coordenação é feita em conjunto com os Responsáveis de operação. No caso das acções de manutenção correctiva, verifica-se que o processo é desencadeado pelo Responsável de operação, através da elaboração de uma ordem de serviço, onde se encontram descritas informações relevantes e necessárias para a intervenção, tais como, a instalação e equipamento visado a que se refere o pedido, o motivo do pedido e a urgência da intervenção. Com estas informações, o

Responsável de manutenção inicia o planeamento da acção, mediante a afectação dos recursos humanos e materiais para a intervenção, ficando a sua execução, condicionada pela disponibilidade de mão-de-obra e materiais necessários para a mesma. Considerando as acções de melhoria, este processo é iniciado através de uma solicitação pelo Responsável de operação ou através de uma proposta do Responsável de manutenção, ou ainda, por sugestões propostas pelos Operadores produtivos e Técnicos de manutenção. Previamente à realização do planeamento das acções de melhoria e consequentemente da sua realização, estas terão de ser submetidas à aprovação dos Coordenadores de manutenção e ao Director de infra-estruturas. Caso a proposta de melhoria seja aceite, então é iniciado o planeamento da acção, sendo que para este tipo de intervenções a coordenação usualmente é feita através dos meios técnicos e materiais internos da empresa, assim como, pelo recurso a empresas externas que prestam serviços especializados na área em questão.

### **5.5.2. Organização e estrutura das políticas de manutenção**

Tal como já referido, a política de manutenção adoptada pela empresa está subdividida pelas actividades de manutenção correctiva, manutenção preventiva e manutenção de melhoria.

Sendo a manutenção correctiva e de melhoria, exclusivamente da responsabilidade do sector de manutenção, verifica-se, que a responsabilidade na execução das acções de manutenção preventiva é repartida entre o sector de manutenção e o sector de operação.

Considerando a manutenção preventiva, denota-se que a empresa adoptou para a sua organização, a norma NFX60-010 criada pela AFNOR, como forma de subdividir e atribuir responsabilidades de actuação aos seus colaboradores no processo da manutenção, considerando o grau de complexidade técnica das acções, a qualificação requerida dos executantes e os meios técnicos envolvidos na respectiva intervenção.

Atendendo o exposto, passamos de seguida a descrever de uma forma sucinta, quais as responsabilidades, competências, e forma com se encontra organizado o sector de operação e manutenção, para execução das tarefas de manutenção.

#### **5.5.2.1. Organização da manutenção preventiva**

Tal como referido em capítulos anteriores deste trabalho, a manutenção preventiva envolve todas as acções que promovam a conservação de máquinas e equipamentos ao longo do seu ciclo de vida, promovendo e permitindo garantir a disponibilidade e confiabilidade operativa dos mesmos ao longo desse período.

Quer as acções de manutenção preventiva, realizadas pelos operadores produtivos, assim como as acções realizadas pelos técnicos de manutenção, são efectuadas com recurso a planos de manutenção aprovados pela Direcção departamental e Administração da empresa.

Estes planos foram desenvolvidos através de indicações e sugestões de manutenção e conservação expressa nos manuais dos equipamentos, tendo sido ajustados a cada instalação com base no histórico de manutenção existente e na experiência dos Responsáveis de manutenção, Responsáveis de operação, Técnicos de manutenção e Operadores das instalações da empresa. Estes planos de manutenção encontram-se inseridos na aplicação informática de gestão do sector da manutenção, que permite a emissão de alertas temporais para a execução das tarefas de manutenção associadas.

#### **5.5.2.1.1. Responsabilidade da Operação**

Os operadores produtivos da AdTMAD assumem um papel de extrema importância e responsabilidade na actividade da manutenção da empresa, garantindo em primeira linha a operacionalidade e fiabilidade dos equipamentos que operam. No que respeita à manutenção, eles são responsáveis por executar um conjunto de acções diárias, que permitem manter as instalações operacionais e antecipar paragens indesejáveis. Considerando a dispersão das instalações da empresa, as equipas de manutenção não conseguem acompanhar de perto os processos produtivos, tal como seria desejável, sendo neste caso os operadores produtivos que assumem a responsabilidade de alertar o sector de manutenção para situações anormais que possam induzir a avarias nos equipamentos e paragens das instalações.


Considerando o impacto social que a actividade da empresa tem para com a população, verifica-se que a responsabilidade da correcta execução das acções de manutenção vão mais além do que simplesmente manter os equipamentos operativos. Sendo os resultados negativos decorrentes de acções de manutenção ineficientes ou inadequadas, nesta actividade, mais drásticos, do que simplesmente a falta de produtividade ou sustentabilidade do sector produtivo. Há que considerar a qualidade do serviço prestado e as consequências e danos na saúde pública que possam resultar de um deficiente tratamento de água de consumo ou água residual, causados por exemplo, pela paragem indevida e não detectável de uma bomba doseadora de reagentes que permite a desinfecção da água, ou até pela paragem de uma electrobomba de elevação de efluentes residuais, instalada num tanque de armazenamento.

A empresa, estando consciente desta responsabilidade tem implementado na sua organização, planos sistemáticos de manutenção de 1º nível, que correspondem a acções de manutenção a realizar pelos operadores produtivos.

Estes planos de manutenção foram criados e encontram-se organizados por instalação, ou seja, todos os equipamentos afectos a uma determinada instalação, dispõem de um plano personalizado com as respectivas acções de manutenção.

Com vista a dotar os Operadores produtivos de formação e informação suficiente e pormenorizada sobre as acções de manutenção, que se encontram sob a sua responsabilidade, os planos de manutenção são acompanhados de instruções de trabalho, que orientam detalhadamente o Operador nas suas tarefas de manutenção.

Na figura 5.5 encontra-se representado um exemplo de uma instrução de trabalho, em uso na AdTMAD, com as respectivas acções de manutenção de 1º nível.



**ÁGUAS de TRÁS-OS-MONTES e ALTO DOURO**

**BOMBAS CENTRÍFUGAS**

**Instrução de Trabalho**


N.º do documento: IT 089

Revisão: 0

**OBJECTIVO:** Definição das tarefas associadas às Rotinas de Manutenção de 1.º Nível para este equipamento.

**ÂMBITO:** Aplica-se a todas as Bombas Centrífugas, de Eixo Horizontal ou Eixo Vertical, do Parque de Equipamentos da ATMD.

Equipamento		
Bombas Centrífugas		

Tarefa	Modo de Proceder - Descrição
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificar o bom funcionamento do motor e da bomba;</li> <li>Proceder à limpeza de sondas ou bóias de nível (quando aplicável);</li> <li>Lubrificar os grasser's, sempre que aplicável e de acordo com as instruções dadas pela Manutenção;</li> <li>Verificar lubrificação do cordão de empanque (gota-a-gota, se aplicável);</li> <li>Verificar anomalias nas válvulas, tubagens e outros acessórios;</li> <li>Verificar sensorialmente o nível de ruídos, vibrações ou aquecimentos anormais;</li> <li>Proceder à limpeza geral do equipamento;</li> <li>Verificar o funcionamento do comando dado pelas bóias e/ou sondas de nível, procedendo à limpeza das mesmas (quando aplicável).</li> </ul>



Ambiente	Acção Preventivas	Impactes associados
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transportar para o local da intervenção sacos próprios para recolha dos resíduos gerados e material para contenção de fugas/derrames de lubrificante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencial contaminação do solo, água ou rede de esgotos</li> </ul>
<b>Em caso de fuga ou derrame acidental</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consultar Ficha de Intervenção (FDI) da massa lubrificante</li> </ul>		

Figura 5.5 - Exemplo de uma instrução de trabalho em uso na AdTMAD.



Desta forma, verifica-se que as acções de manutenção executadas pelos operadores produtivos estão plenamente enquadradas nas acções de manutenção de 1º nível, considerando que as tarefas descritas passam exclusivamente por pequenas lubrificações, verificações e inspecções de bom funcionamento, detecção de comportamentos estranhos e limpeza dos equipamentos instalados. Na instrução de trabalho anteriormente apresentada, denota-se ainda, a responsabilidade ambiental que a empresa pretende incutir nos seus colaboradores, através da instrução e modo de actuar perante os resíduos e sensibilização dos potenciais riscos causados para o ambiente, resultantes de um inadequado procedimento.

Na figura 5.6, é apresentado o modelo adoptado pela empresa para os planos de manutenção de 1º nível, onde se encontram as informações relevantes à execução das acções de manutenção a realizar nos equipamentos que integram as instalações produtivas. Dentro desta informação destaca-se; o subsistema visado, a descrição das acções de manutenção, a periodicidade de execução, os materiais utilizados e a responsabilidade de execução das acções.



ÁGUAS DE  
TRÁS-OS-MONTES e ALTO DOURO  
Grupo Aquas de Portugal

PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA - 1º NÍVEL

Subsistema: SAA do Vilar - ETA

Mês:

Ano:

INFRAESTRUTURA	EQUIPAMENTO / ÓRGÃO	DESCRIÇÃO TAREFAS	DOCUMENTOS ASSOCIADOS	CONSUMÍVEIS/ LUBRIFICANTES	P	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
							REALIZAÇÃO															
CAPTAÇÃO	Plataforma Flutuante	Verificar estado da Estrutura. Corrosões, parafusos de amarração e própria estrutura;		.....	D	O																
		Verificar posicionamento, se correctamente na posição horizontal;		.....	D	O																
	Bombas Centrífugas (Eixo Vertical)	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e vibrações anormais. (se possível verificar débito de		.....	S	O																
		Lubrificar os graser's, sempre que aplicável e de acordo com as instruções dadas pela Manutenção;		Massa lubrificante (NLGI 2)	S	O																
		Verificar lubrificação do cordão de empanque (gota-a-gota, se aplicável);		.....	M	O																
		Verificar anomalias nas válvulas, tubagens, manómetros e outros acessórios;		.....	D	O																
	Válvula Borboleta (Motorizada)	Verificar o funcionamento do comando dado pelas bóias e/ou sondas de nível, procedendo à limpeza das mesmas (quando aplicável);		.....	D	O																
		Proceder manualmente a abertura e fecho da válvula verificando o bom funcionamento da mesma. Verificar se este procedimento é feito sem recurso a esforços;		.....	M	O																
		Verificar se existem escorrências de água indesejadas derivadas da válvula;		.....	S	O																
	Actuador Eléctrico	Verificar o estado de conservação da válvula e proceder à limpeza da mesma;		.....	S	O																
		Proceder manualmente a abertura e fecho do Actuador verificando o bom funcionamento do mesmo. Verificar se este procedimento é feito sem		.....	D	O																
		Verificar o estado de conservação do Actuador e proceder à limpeza da mesma;		.....	D	O																

Figura 5.6 - Exemplo de um plano de manutenção de 1º nível.

#### **5.5.2.1.2. Responsabilidade da Manutenção**


Ao nível da manutenção preventiva, o sector da manutenção é responsável pela execução de acções de 2º e 3º nível. Considerando que as tarefas de manutenção de 2º nível se enquadram nas acções de reparação simples ou associadas a lubrificações e controlo de bom funcionamento, e as acções de 3º nível se enquadram em acções mais complexas, tais como o diagnóstico e reparação de avarias por substituição de componentes e acções de lubrificação que exigem maior conhecimento técnico, a empresa subdivide as suas equipas de manutenção segundo a complexidade ou exigência da acção em concreto.

Desta forma, atendendo a que cada sub-região dispõe de duas equipas de técnicos de manutenção, a empresa divide as responsabilidades de actuação das suas equipas pelos níveis de intervenção, assumindo cada equipa a responsabilidade de executar as acções de manutenção correspondente ao nível que lhe está atribuído.

Esta estratégia tem como fundamento sistematizar as acções realizadas pelos técnicos de manutenção, promovendo a formação das equipas mais jovens e acima de tudo, disponibilizar as equipas que realizam as acções associadas ao 3º nível, para responderem às solicitações de manutenção correctiva de uma forma mais célere.

Considerando as acções de manutenção de 4º e 5º nível, verifica-se que actualmente, estas são executadas em “outsourcing”, ou seja, a AdTMAD dispõe de parcerias externas com empresas específicas em determinadas áreas, que lhe permite assegurar as acções de manutenção associadas a esta classificação, tais como, calibração de equipamentos de monitorização dos processos produtivos, reparação de bombas hidráulicas, rebobinagem de motores eléctricos, entre outros.

A figura seguinte representa o modelo em uso na empresa para os planos de manutenção de 2º e 3º nível, onde se encontra a descrição das tarefas de manutenção a realizar pelos Técnicos de manutenção.


**ÁGUAS DE**  
**TRAS-OS-MONTES e ALTO DOURO**  
Águas e Saneamento

**PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA OS SUBSISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

**Subsistema: SAA 001 > Vilar - 104 ETA > 20000hab - 001ETA do Vilar**

INFRAESTRUTURA	EQUIPAMENTO/ÓRGÃO	DESCRIÇÃO TAREFAS	DOCUMENTOS ASSOCIADOS	CONSUMÍVEIS/ LUBRIFICANTES	P	R	Mês	Janeiro			Fevereiro			Março				
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CAPTAÇÃO	Plataforma Flutuante	Verificar estado da Estrutura. Corroções, parafusos de amarração e própria estrutura;		.....	SM	M												
		Verificar efectuada rejeição se necessário actuadores de posicionamento;		.....	SM	M												
		Lubrificação de eixos/aguas;		Massa lubrificante (NLGI 2)	SM	M												
	Bombas Centrifugas (Eixo Vertical)	Medir isolamento eléctrico do motor e a impedância;		.....	SM	M												
		Verificar os consumos do Equipamento nas 3 Fases;		.....	SM	M												
		Lubrificar com massa se aplicável;		.....	SM	M												
		Confirmar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e ou vibrações anormais;		.....	SM	M												
		Verificar estado do impulsor e voluta - Analisar desgaste;		.....	A	M												
		Verificação e substituição dos empanques e O-rings, e rolamentos;		.....	2A	M												
		Efectuar a revisão do equipamento por representante do Equipamento;		.....	5A	RM												
	Válvula Borboleta (Motorizada)	Verificar estado das Válvulas, efectuando reparação como apertos, pinturas e marcações;		.....	SM	M												
		Ajustar empanque se necessário ou substituir;		.....	SM	M												
		Desmontar a válvula e verificar estado dos vedantes e efectuar a troca se necessário;		.....	A	M												
	Actuador Electrico	Verificar a afinação dos fim de curso e do transmissor de posição através da manobra da válvula;		.....	SM	M												
		Verificar estado dos O-rings e buchas, verificar estado do acoplamento / alinhamento / empancos ou desgaste e verificação sensorial do nível de ruídos, vibrações e ou aquecimentos anormais;		.....	SM	M												
		Afinação dos tempos de abertura e fecho da válvula;		.....	SM	M												
		Lubrificação de eixos/aguas;		Massa lubrificante (NLGI 2)	SM	M												
		Retirar valores do consumo antes e após a realização do trabalho, nas mesmas condições de funcionamento. Verificar a resistência de isolamento e continuidade eléctrica das massas e estruturas metálicas condutoras;		.....	A	M												

Figura 5.7 - Exemplo de um plano de manutenção de 2º e 3º nível.

#### 5.5.2.2. Organização da manutenção correctiva

Denota-se de um modo geral na AdTMAD, mas em particular nos colaboradores do sector de manutenção, a preocupação sobre as consequências negativas que a manutenção correctiva traduz para o sector. No entanto, estando estes conscientes da inevitável necessidade de executar este tipo de acções de manutenção, tentam minimizadas, com a implementação e controlo das acções de manutenção preventiva, assim como, através da promoção de acções de melhoria que permitam a confiabilidade nos processos produtivos e a eficiência dos equipamentos, com o menor número de avarias.

Tal como anteriormente referido, a empresa dispõe de duas equipas compostas por dois técnicos de manutenção por sub-região, especializados nas áreas de electricidade e mecânica. Embora uma das equipas esteja mais vocacionada para responder às solicitações de manutenção correctiva, resultante dos conhecimentos adquiridos e da sua experiência prática, verifica-se que a atribuição das tarefas e acções de manutenção aos seus técnicos, resulta da gravidade ou exigência do tipo de intervenção, assim como da disponibilidade e proximidade da equipa à instalação onde a intervenção é necessária. Nas acções de manutenção correctiva, sempre que a intervenção o exige, denota-se a presença do

Responsável de manutenção, quer para auxílio dos técnicos no diagnóstico da avaria, assim como para acompanhamento e apoio na sua reparação.

Como já abordado neste trabalho, o sector da manutenção dispõe de uma aplicação informática que permite auxiliar os utilizadores na gestão global da actividade da manutenção. Esta aplicação dispõe de toda a informação relevante para o sector, nomeadamente, as instalações afectas à empresa, assim como todos os equipamentos e respectivos planos e histórico de manutenção associado.

Como iremos ver de seguida, esta aplicação rege a forma como se processa a gestão das actividades de manutenção correctiva, desde a solicitação das intervenções por parte dos Responsáveis de operação, até ao encerramento das mesmas por parte dos Responsáveis de manutenção, contribuindo desta forma, para o sucesso na actividade do sector.

Na figura 5.8 é apresentado o fluxograma funcional da actividade da manutenção. Este fluxograma representa a matriz do fluxo de informação adoptada para a aplicação informática, com a qual os Responsáveis de manutenção, técnicos de manutenção e os Responsáveis de operação regem a sua participação na actividade da manutenção correctiva.

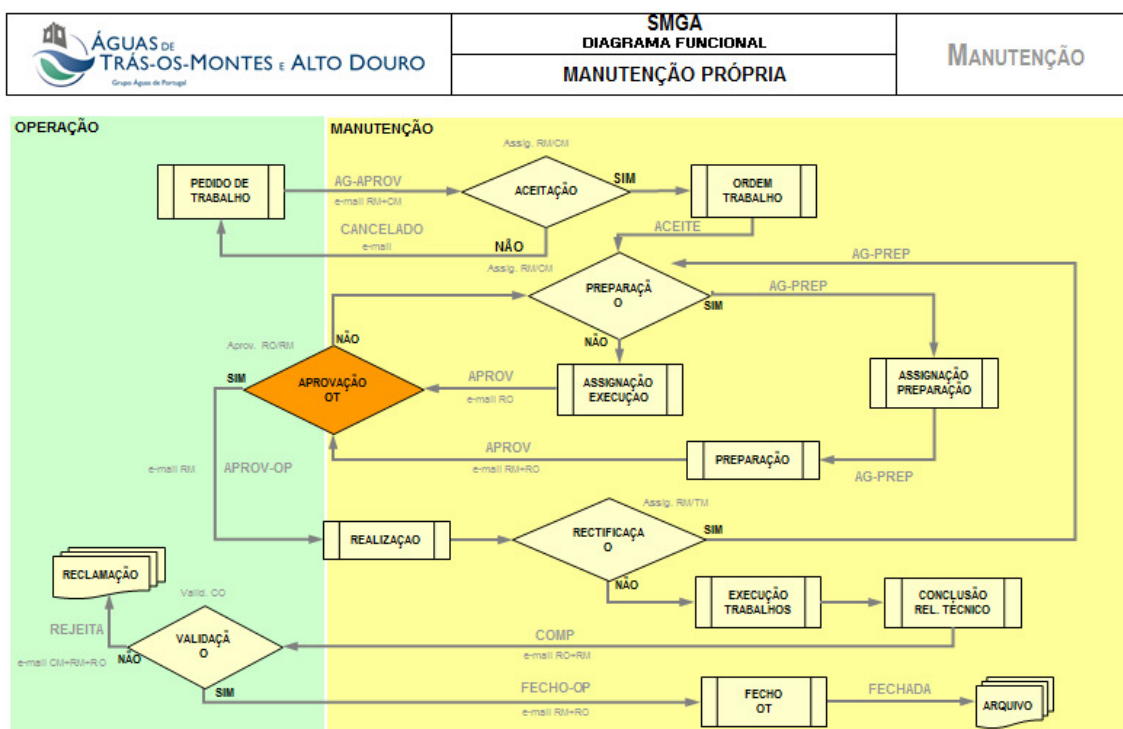


Figura 5.8 - Diagrama funcional da actividade de manutenção correctiva.

Pela análise da figura anterior, verifica-se que o processo da manutenção correctiva é iniciado pelos Responsáveis de operação, através da emissão do pedido de trabalho, direccionado à manutenção. Após recepção do pedido, o Responsável de manutenção poderá aceitar, ou não, o pedido de manutenção, emitindo caso não o faça uma informação justificativa da sua decisão. Caso se verifique a aceitação do pedido de manutenção, é gerada automaticamente uma ordem de trabalho (OT), passando esta de seguida para a fase de planeamento.

Nesta fase, caso a intervenção necessite de preparação, é desencadeado o processo para organizar e reunir todos os meios necessários à realização da intervenção. Caso a intervenção não careça de preparação, esta é enviada ao requerente para que aprove a sua execução, nomeadamente, a aceitação da data estipulada pela manutenção para realizar a intervenção. Após aprovação, a (OT) segue para realização, sendo nesta fase, previamente avaliada qualquer necessidade de rectificação ao planeamento, que conduza ao sucesso da intervenção.

Ultrapassada a rectificação da (OT), esta é entregue à equipa técnica que ficará encarregue da sua execução, com a consequente emissão do relatório técnico onde devem constar informações relevantes à intervenção, tais como: data de intervenção, tempo despendido, materiais aplicados e a descrição das acções executadas.

Terminada a execução da acção, esta será objecto de análise e aceitação por parte do Responsável de operação, que poderá validar ou não, a eficácia da intervenção. Caso esta seja aceite, a (OT) é encerrada, com o consequente arquivo. Caso esta não seja aceite, é elaborada uma reclamação e enviada ao Responsável de manutenção para análise das causas, por forma a proceder a nova preparação ou planeamento da intervenção.

As figuras seguintes representam, respectivamente o modelo de ordem de trabalho adoptado pela empresa e a aplicação informática em uso na AdTAMD.





**ÁGUAS DE PORTUGAL maximo**

Bem Vindo

Site: 3130 Configurar Centro / Conteúdo

**Centro de Início**

Ordens de Trabalho, Manut. Preventiva, Inventário, Equipamento, Compras, Planos, Recursos, Relatórios e Análise, Relatórios KPIs, Biblioteca Técnica

Minhas Tarefas Workflow

Para ver os detalhes de uma assignação, seleccione o número do registo.  
Para encaminhar directamente a sua assignação, seleccione o ícone respectivo.

Nº Registo	Descrição	Cód. Infra.	Tipo Trabalho	Situação	Data Registo	Requistante	Tarefa a Executar
3130-13356	Avaria válvula retenção nº2	1-TQ-006-106-103	MC	AG-APROV	10-10-2008 16:38	JPCAMELO	Aceita OT?
3130-13362	Válvula manual sistema carvão - manipulo	1-TQ-006-104-001	MC	AG-APROV	13-10-2008 15:19	JPCAMELO	Aceita OT?
3130-13368	Manga de vento - ETA Azibo	1-TQ-006-104-001	MC	AG-APROV	13-10-2008 16:17	JPCAMELO	Aceita OT?
3130-13053	Electroválvula lavagem leite cal bomba 2	1-TQ-006-104-001	MC	ACEITA	09-09-2008 10:52	JPCAMELO	Tem Preparação ?
3130		1-TQ-006					

Figura 5.10 - Representação da aplicação informática para a gestão da actividade da manutenção.

### 5.5.2.3. Organização da manutenção de melhoria

Ao nível da manutenção de melhoria, a empresa actua sobre as suas instalações e equipamentos como forma de ajustar ou adequar os seus processos, tentando rentabilizar os recursos disponíveis para a sua actividade. Habitualmente, este tipo de intervenções resultam de opiniões e sugestões de melhoria propostas pelos intervenientes directos dos processos produtivos, resultante da experiência prática das funções que desempenham. Desta forma, verifica-se que os Operadores produtivos, Técnicos de manutenção, Responsáveis de manutenção e Responsáveis de operação, tentam contribuir de uma forma activa para a optimização da actividade da empresa.

De referir que a AdTMAD dispõe de regras explícitas para este tipo de intervenções, definindo que nenhuma acção de melhoria pode ser realizada sem a prévia aprovação do Director departamental. Desta forma, apenas e só, após aprovação da sugestão de melhoria devidamente fundamentada é possível criar uma (OT) para realizar ou implementar a acção de melhoria. Após a OT aprovada, verifica-se que esta segue as etapas do diagrama funcional anteriormente referidas, para as acções de manutenção correctiva.

### **5.5.3. Prioridades na actividade da manutenção**

A execução das (OT) segue uma ordem prioritária para a sua realização, ou seja, em função da gravidade da avaria, ou consequência que advenha da mesma para o processo, instalação, ou ainda, para a integridade física dos seus colaboradores, a empresa estipula cinco níveis prioritários de intervenção e actuação do sector da manutenção. Estes níveis de prioridade de intervenção são atribuídos pelos Responsáveis de operação na formulação do pedido de intervenção das equipas de manutenção, e regem-se pelas seguintes regras de prioridade:

- i) Prioridade de urgência 1 - representa o grau de urgência para os trabalhos que podem ser realizados no decurso da próxima paragem programada da instalação.
- ii) Prioridade de urgência 2 - representa o grau de urgência para trabalhos a executar em equipamentos ou instalações que não afectam o sistema de abastecimento de água ou de saneamento de águas residuais, nem o normal funcionamento dos serviços da empresa. Estas acções enquadram-se nos trabalhos programáveis e devem ser tratados sob o aspecto de manutenção preventiva, curativa ou de melhoria.
- iii) Prioridade de urgência 3 - corresponde a avarias que podem afectar parcialmente o sistema de abastecimento de água ou de saneamento de águas residuais, sem influência, a curto prazo, na redução da actividade. Aqui, consideram-se também as avarias que podem afectar ligeiramente o normal funcionamento da empresa. São programáveis e devem ser tratados sob o aspecto de manutenção preventiva, curativa ou de melhoria. Devem ser iniciados no prazo de uma semana, ou noutro acordado com o requisitante.
- iv) Prioridade de urgência 4 - corresponde a avarias que podem afectar parcialmente o sistema de abastecimento de água ou de saneamento de águas residuais, com influência na redução da actividade produtiva ou na segurança dos equipamentos ou instalações. Consideram-se também, as avarias que afectam parcialmente os sistemas ou equipamentos necessários ao normal funcionamento da empresa. Não são programáveis e a normalidade deve ser reposta no prazo de 48 horas.
- v) Prioridade de urgência 5 - corresponde a avarias que requerem a intervenção imediata, por colocarem gravemente em risco o sistema de abastecimento de água ou de saneamento de águas residuais, a segurança dos meios humanos e instalações, ou ainda, o normal funcionamento da empresa.



Para a obtenção dos níveis de prioridade de intervenção da manutenção, a empresa considera as seguintes variáveis: Prioridade do pedido de trabalho (PT) e a criticidade atribuída à instalação que necessita da acção de manutenção. Sendo esta formulada pela seguinte expressão:

$$\text{Prioridade da (OT)} = \text{Prioridade (PT)} + 2 \times \text{Criticidade (OM)}$$

Conjugado aos níveis de prioridades anteriormente expostos, a empresa estipula como objectivo um prazo de intervenção/resposta às ordens de trabalho pelo sector da manutenção, correspondente a cada nível de urgência, sendo estes:

Prioridade urgência 1 - Um mês

Prioridade urgência 2 - Quinze dias

Prioridade urgência 3 - Uma semana

Prioridade urgência 4 - 48 horas

Prioridade urgência 5 - Imediato

Com esta delimitação temporal, estipulada em função do carácter de urgência necessário à intervenção da manutenção, verifica-se que a empresa tem como objectivo que sejam atendidas prioritariamente todas as instalações e equipamentos que possam comprometer toda a envolvência e segurança associada à actividade de abastecimento de água ou tratamento de águas residuais. Também aqui, se denota por parte da empresa, o seu compromisso, responsabilidade social e preocupação ambiental. Tentando com estas medidas instruir os seus colaboradores com regras de actuação, demarcando como prioritários todos os serviços de manutenção que possam a curto prazo comprometer os objectivos da sua actividade.

#### **5.5.4. Organização e gestão de Stock's no sector da manutenção**

No que respeita aos stock's de materiais de reposição para a manutenção, embora cada delegação disponha de uma série limitada de materiais para fazer face às necessidades diárias e urgentes, verifica-se que a empresa dispõe de um armazém situado em Vila Real, no qual centraliza e organiza os seus stock's, dispondo para o efeito de colaboradores nesta função, que integram o serviço de compras da empresa. Esta política de organização de stock's permite que a empresa possa atender às necessidades pontuais de cada delegação, com

alguma celeridade, visto que o armazém se encontra localizado centralmente na área de actuação da empresa. Este modo organizativo, acima de tudo, revela-se vantajoso na medida em que permite rentabilizar os recursos materiais, reduzindo o investimento com stock's de reposição, comparado com a possível solução de alocar materiais e peças de reposição em grandes quantidades pelas cinco delegações da empresa. Localmente, a responsabilidade pela gestão de stock's em cada uma das delegações, recai sobre o Responsável de manutenção de cada sub-região, em colaboração directa com o serviço de compras central.

## 5.6. Descrição do processo e equipamentos de um subsistema pertencente ao SAA - Vale Douro Sul

Considerando que a AdTMAD actua ao nível do tratamento e abastecimento de água a oito Municípios da região do Vale Douro Sul, o presente estudo encontra-se especificamente direccionado para a caracterização dos processos produtivos e manutenção aos equipamentos instalados no SAA do Vilar.

O SAA do Vilar é responsável pelo abastecimento de água a três concelhos pertencentes aos Municípios de Moimenta da Beira, Sernancelhe e Tabuaço, compreendendo um total de 37 mil habitantes abrangidos por este sistema de abastecimento de água.

Na figura seguinte encontram-se representados os Municípios que integram a região do Vale Douro Sul, assim como a rede adutora e a localização da ETA que serve os três Municípios abrangidos pelo sistema de tratamento e abastecimento de água em estudo.

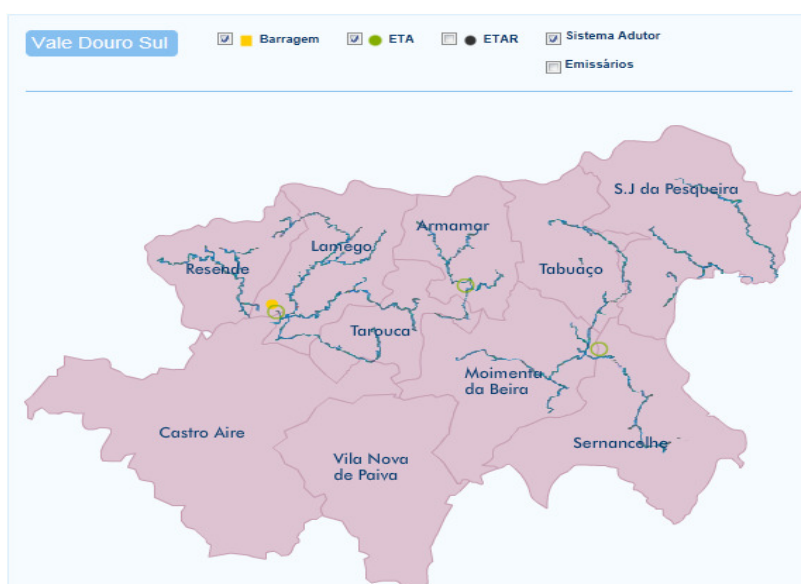


Figura 5.11 - Área de concessão da AdTMAD pertencente ao Vale Douro Sul

Serão de seguida abordadas as fases do processo do SAA do Vilar, assim como os equipamentos que deste fazem parte, considerando as etapas anteriormente referidas para este processo, ou seja: captação, elevação, tratamento, armazenamento e adução.

### **5.6.1. Captação e Elevação**

O processo de tratamento e abastecimento de água do Vilar é iniciado pela captação de água na albufeira do Vilar, sendo esta posteriormente elevada até ao local de tratamento, ou seja à ETA, como iremos ver de seguida.

Os processos de captação e elevação de água à ETA são realizados com recurso a um grupo elevatório composto por três electrobombas de diafragma, constituídas cada uma, por uma bomba submersível e um motor de 55Kw, com capacidade de débito unitária de 50 litros por segundo.

Este grupo de electrobombas encontra-se instalado numa plataforma flutuante com cerca de 11 metros quadrados, dotada de 8 flutuadores em fibra de vidro, que permitem a estabilização da plataforma na albufeira.

Na referida plataforma, encontram-se ainda válvulas motorizadas instaladas nas condutas de compressão das electrobombas, um quadro eléctrico e um diferencial eléctrico que auxilia a carga e descarga do equipamento instalado.

Considerando a alimentação eléctrica ao grupo de electrobombas, verifica-se que esta é feita com recurso a um quadro eléctrico instalado na margem da albufeira, que permite a alimentação ao grupo de electrobombas, através de cabos eléctricos enterrados e submersos.

Nas figuras seguintes encontram-se respectivamente representadas, a instalação em albufeira do grupo de electrobombas e o respectivo quadro eléctrico de potência, instalado na margem da albufeira, que permite a alimentação eléctrica aos mesmos.



**Figura 5.12** - Instalação da captação de água na Albufeira do Vilar



**Figura 5.13** - Quadro eléctrico de apoio aos equipamentos afectos à captação

De referir que a alimentação eléctrica das electrobombas é feita por variadores de frequência, comandados através da ETA. Este tipo de controlo permite gerir o funcionamento e o caudal debitado pelos grupos de elevação, atendendo às necessidades específicas e pontuais de tratamento e abastecimento de água.

De forma a possibilitar as actividades de manutenção descritas mais à frente neste trabalho e necessárias a esta instalação, o SAA do Vilar está equipado com um barco que permite o acesso à plataforma flutuante, nomeadamente para a realização de tarefas de manutenção e transporte do equipamento instalado.



**Figura 5.14** - Meio de acesso à plataforma da captação



## 5.6.2. Tratamento de água em ETA

A ETA do Vilar está preparada para tratar 100 litros de água por segundo, produzindo um total de 7,14 metros cúbicos de água por dia, dispondo para o efeito de duas linhas de tratamento em paralelo. As etapas do processo de tratamento de águas na ETA são repartidas por duas fases: a fase líquida e a fase sólida.

Considerando a fase líquida, respeitante ao tratamento de água para consumo, verifica-se que esta é constituída pelas seguintes etapas: pré-oxidação, remineralização, coagulação/floculação/adsorção, decantação, filtração, desinfecção e ajuste de PH. A água tratada resultante das etapas de tratamento é posteriormente armazenada em dois reservatórios existentes na ETA, com capacidade total de 1600 metros cúbicos. Por sua vez, a fase sólida compreende todos os processos necessários para tratamento das lamas geradas na fase líquida, nomeadamente nas operações de decantação e filtração, sendo esta realizada pelas seguintes etapas: espessamento gravítico e desidratação por centrifugação. As lamas resultantes deste processo são no final, transportadas para aterro sanitário.

Na figura seguinte encontra-se representado o edifício de exploração, que serve de suporte à actividade e aos processos de tratamento realizados na ETA.



**Figura 5.15** - Edifício de exploração da ETA

O edifício de exploração da ETA encontra-se compartimentado pelas várias actividades e fases do processo de tratamento que dele fazem parte, encontrando-se funcionalmente estruturado ao longo de dois pisos. O piso superior é destinado à área administrativa, onde se encontram os vestiários, balneários, sala de refeições, sala de comando, laboratório, gabinetes, sala de reuniões e instalações sanitárias. O piso inferior encontra-se reservado

para as instalações que permitem a actividade de tratamento, nomeadamente: a galeria de filtros, as estações elevatórias de água tratada, a sala de armazenamento, preparação e doseamento de reagentes, a sala de desidratação de lamas e o posto de transformação eléctrico.

Antes de iniciarmos a descrição do processo de tratamento e identificação dos equipamentos que deste fazem parte, revela-se importante referir que o SAA do Vilar dispõe de um sistema automatizado que permite a gestão e controlo centralizado de toda a ETA.

Este sistema de gestão e controlo possibilita, não só uma melhor e mais eficiente operação de todo o sistema, como também a gestão de alarmes e alertas do processo e equipamentos, permitindo a supervisão centralizada das condições operativas na ETA, assim como, uma rápida resposta a qualquer situação que saia do seu estado padrão.

O controlo das diferentes etapas de tratamento de água na ETA é feito a partir da sala de comando, e pode ser realizado na sua maioria por operações de controlo manual local, manual remoto e automático remoto.

O controlo local é realizado através de comutadores existentes próximos dos equipamentos ou nos quadros eléctricos locais, constituídos por betoneiras eléctricas que permitem a selecção do modo de funcionamento, ou seja, local ou remoto. Este controlo manual local permite accionar os equipamentos de uma forma presencial, como exemplo podemos referir, o arranque ou paragem local das electrobombas instaladas.

O controlo manual remoto permite o arranque ou paragem dos equipamentos em modo manual a partir da sala de comando central. Este tipo de controlo é habitualmente utilizado pelo sector de manutenção no decurso das intervenções realizadas aos equipamentos, ou mesmo pelo sector de operação, com intuito de inibir o funcionamento dos equipamentos no processo, em caso de avaria dos mesmos.

O controlo automático permite que a estação de tratamento seja gerida de uma forma automática, através do sistema de automação, baseado no esquema funcional implementado. Neste modo de funcionamento, os equipamentos encontram-se ligados através de encravamentos eléctricos em conformidade com a programação definida para funcionamento da ETA.

O sistema de gestão e controlo da ETA permite igualmente a emissão de relatórios mensais e diários da sua exploração, integrando informações de consumos de energia e reagentes, valores de produção de água, rendimentos de produção, parâmetros operacionais e relatórios de alarmes gerados no sistema.

Para além do sistema de gestão e controlo mencionado, encontra-se ainda instalado na ETA um sistema de supervisão que permite monitorizar e controlar todo o SAA do Vilar, desde a captação de água até aos pontos de entrega, permitindo por exemplo, controlar e gerir o nível de água dentro de qualquer reservatório pertencente ao SAA, ou mesmo, saber o tempo de funcionamento de cada motor, posição de abertura ou fecho de válvulas, comportas

motorizadas, ou ainda, a pressão de água em determinados pontos pré-estipulados do subsistema.

Quer o sistema de gestão e controlo da ETA, como o sistema de supervisão, representam uma mais-valia para a empresa e em concreto para o SAA do Vilar, na medida em que possibilitam o funcionamento automático das instalações de uma forma eficiente e confiável, ao longo das vinte e quatro horas da sua actividade.

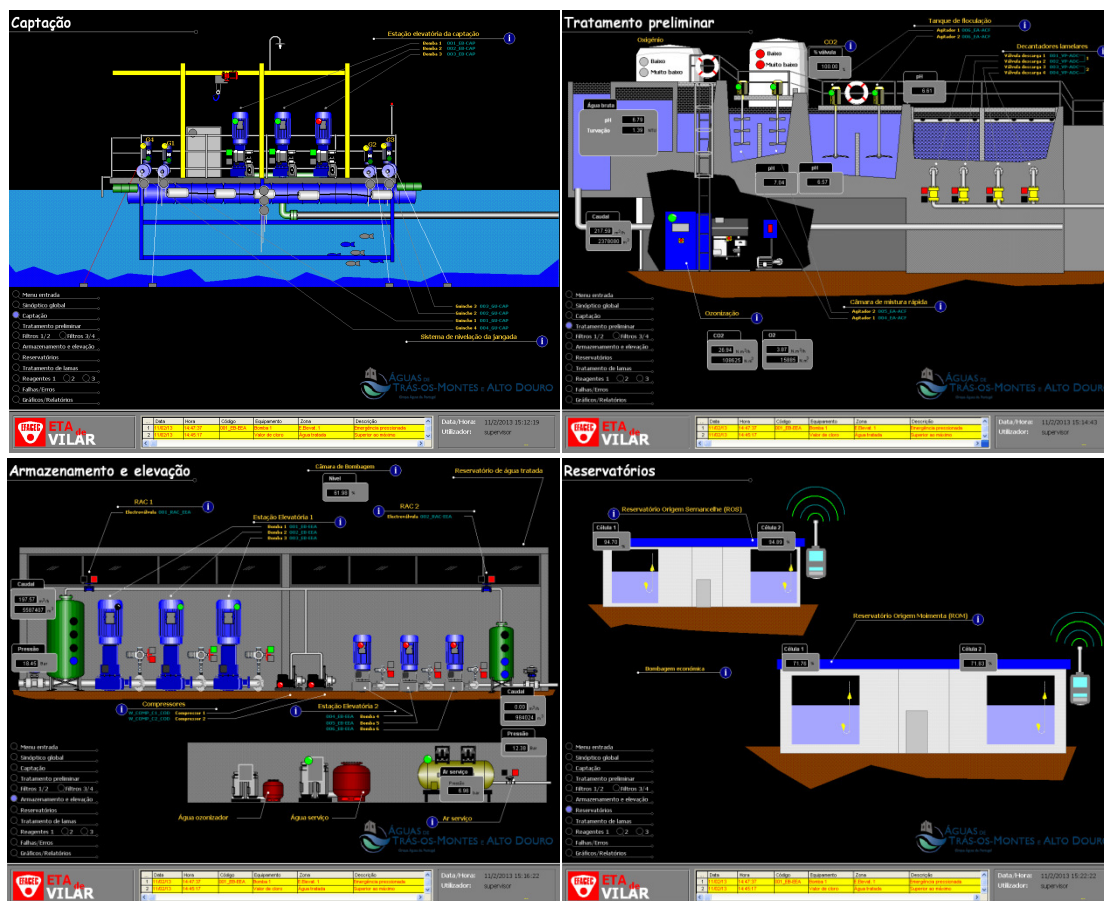
Para o sector da manutenção, estes sistemas, revelam ser de extrema utilidade, na medida que permitem o envio de alertas via GSM para os técnicos e responsáveis de manutenção, caso se verifique alguma alteração ao normal funcionamento das instalações, como exemplo, refere-se: paragem de uma electrobomba motivada pelo disparo do disjuntor térmico de protecção, accionamento de betoneiras de emergência, entre outras.

Além do exposto, atendendo a que o funcionamento do SAA do Vilar é habitualmente feito em modo automático, verifica-se que a acção dos Operadores resulta no controlo e gestão dos processos existentes. Tal facto revela-se vantajoso para o processo de manutenção, na medida em que permite aumentar a disponibilidade dos Operadores para a realização das tarefas de manutenção que lhes estão adstritas, sem a consequente e eminente pressão sobre o encargo com as tarefas produtivas.

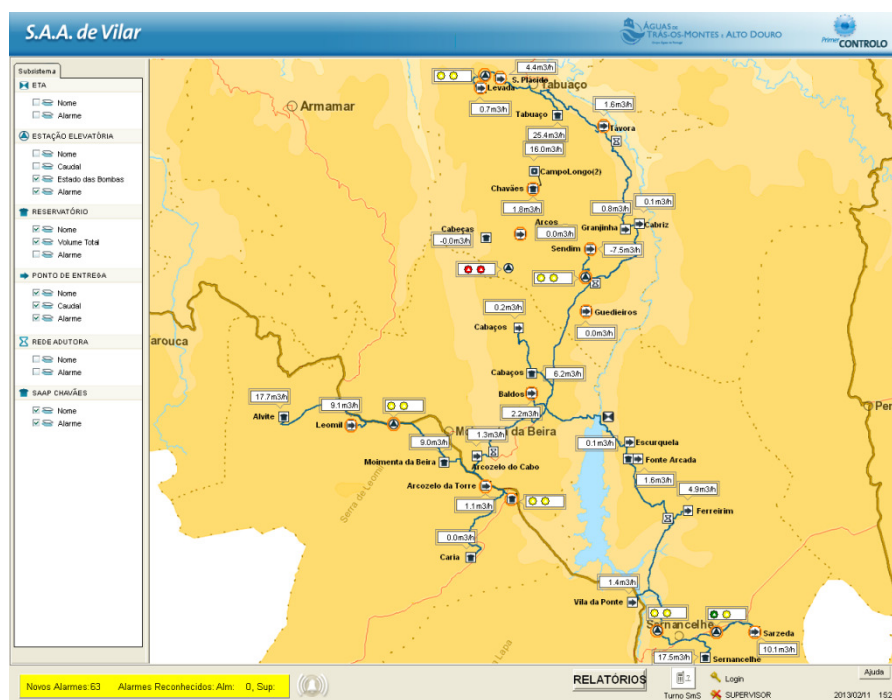
Nas figuras seguintes, encontram-se respectivamente representados, a sala de comando na ETA, o sinóptico do sistema de controlo e gestão da ETA, com alguns exemplos das etapas do processo de tratamento, e o sinóptico do sistema de supervisão do SAA do Vilar, com a descrição do respectivo sistema adutor anteriormente mencionado.



**Figura 5.16** - Sala de comando e operação da ETA



**Figura 5.17 - Sinóptico do sistema de gestão e controlo da ETA**



**Figura 5.18 - Sinóptico de controlo e gestão do subsistema adutor do SAA do Vilar**



Passamos de seguida à descrição das etapas do processo de tratamento de água em ETA, respeitante à fase líquida, assim como à caracterização dos equipamentos instalados que possibilitam o referido processo.

#### **5.6.2.1. Pré-oxidação e Remineralização**

Nesta fase, a água bruta proveniente da captação recebe um tratamento inicial com ozono. Este reagente permite a oxidação da matéria orgânica e elimina microorganismos e algas existentes na água. O ozono utilizado no processo de tratamento é produzido na ETA a partir de oxigénio, sendo o sistema de ozonização constituído por um gerador, equipado com placas difusoras e um sistema do tipo catalítico, que permite a destruição do ozono não transferido para a água, convertendo-o novamente em oxigénio. Após a fase de pré-oxidação é iniciado o processo de remineralização da água, através da adição de dióxido de carbono e leite de cal, permitindo desta forma, estabilizar os sais que a água contém. O dióxido de carbono é armazenado na ETA através de um reservatório com capacidade de 20 metros cúbicos, sendo a sua adição na água controlada através de um conversor de caudal electrónico. Na figura seguinte, encontra-se representado o tanque de recepção de água bruta, onde é possível ver os equipamentos de medição de PH e turvação da água.

Os equipamentos de medição aqui instalados efectuem uma primeira análise às características biológicas da água proveniente da albufeira, permitindo um maior rigor nos processos de tratamento subsequentes.



**Figura 5.19** - Tanque de água bruta com representação dos equipamentos de medição

Na figura seguinte encontra-se representado o referido equipamento de ozonização, instalado numa sala dedicada a este sistema, com controlo permanente de fugas de ozono.



**Figura 5.20** - Representação do equipamento de ozonização

Após a fase estacionária da água, que decorre no tanque de água bruta durante 15 minutos, esta é conduzida para o tanque de remineralização, onde é sujeita a um tratamento à base de dióxido de carbono e oxigénio.

Nas figuras seguintes encontram-se respectivamente representados, o tanque de remineralização e os depósitos instalados na ETA, para armazenamento do dióxido de carbono e oxigénio usados nesta etapa do processo.



**Figura 5.21** - Tanque de remineralização



**Figura 5.22** - Reservatórios de dióxido de carbono e oxigénio

#### **5.6.2.2. Coagulação / Floculação / Adsorção**

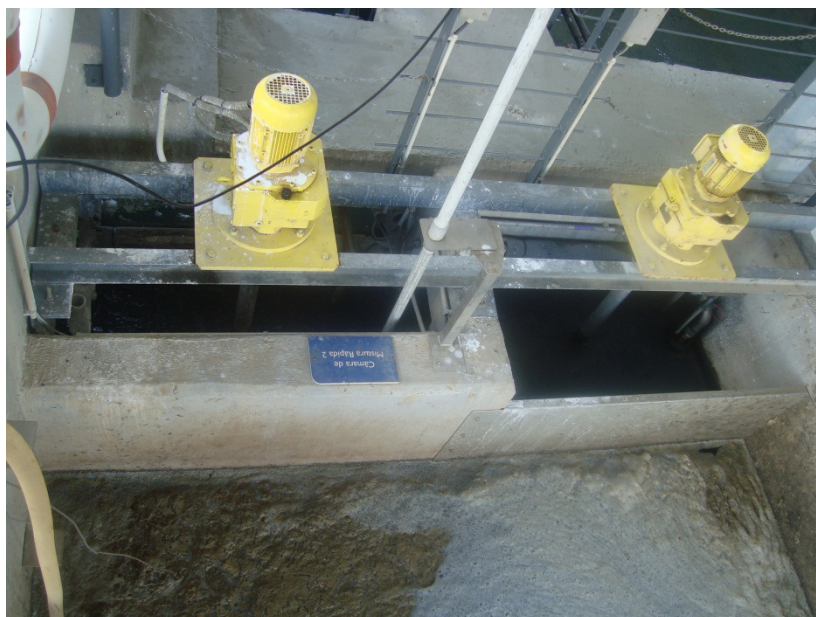
Nesta fase de tratamento, à água proveniente da etapa de remineralização são doseados reagentes em duas fases, denominadas pela fase de mistura rápida e pela fase de mistura lenta. Na primeira fase, a mistura rápida é conseguida em duas câmaras dispostas em série, com agitadores mecânicos, onde é adicionado um coagulante. Nesta fase do processo, verifica-se que em determinados períodos do ano resultante das características da água da albufeira é ainda doseado um reagente à base de carvão em pó. Na segunda fase, a mistura lenta é feita igualmente em duas câmaras em série com agitadores mecânicos, onde é adicionado um floculante.

A adição destes reagentes permite a agregação das partículas em suspensão, facilitando a sua separação nas etapas subsequentes.

A denominação desta etapa, por mistura rápida e mistura lenta, resulta do tempo estacionário da água em cada uma das fases, permitindo desta forma, a correcta diluição e contacto dos reagentes na água. As fases de mistura referidas decorrem ao longo de 11 minutos no processo de tratamento.

Nas figuras seguintes encontram-se respectivamente representados, o tanque de mistura rápida e o tanque de mistura lenta, onde podemos observar os motores eléctricos acoplados a redutores mecânicos, que permitem a agitação e mistura dos reagentes na água através de turbinas submersas.





**Figura 5.23 - Tanque de mistura rápida**



**Figura 5.24 - Tanque de mistura lenta**

Na figura anterior, podemos ainda observar o tubo de adição de reagentes na entrada da câmara de mistura lenta.

Nesta câmara encontram-se instaladas duas válvulas de fundo, permitindo a descarga das lamas acumuladas, que serão posteriormente encaminhadas para o processo de tratamento da fase sólida, conforme será abordado mais à frente neste trabalho.

Quer na câmara de mistura rápida, como na câmara de mistura lenta, encontram-se instalados medidores de PH que permitem a análise das características da água e consequente informação do sistema de gestão da ETA, que por sua vez, efectuará o controlo do doseamento de reagentes no processo de tratamento, conforme se mostra na figura seguinte.



**Figura 5.25** - Controlador e sonda de medição de PH

Considerando aos reagentes utilizados nesta etapa do processo de tratamento, verifica-se que a ETA dispõe na sua instalação de uma área dedicada aos mesmos, na qual é feito o armazenamento, preparação e adição ao tratamento. Na figura seguinte, encontram-se representados os silos de armazenamento dos reagentes que são preparados e adicionados ao processo através das respectivas electrobombas, dedicadas para o efeito.

Consoante o tipo de produto armazenado em cada um dos silos, verifica-se que estes se encontram equipados com motores eléctricos, ou electrobombas, que efectuem o transporte dos reagentes para a sala de preparação, onde se encontram os tanques e as bombas doseadoras responsáveis pela adição dos reagentes ao processo de tratamento. De referir, que o doseamento dos reagentes é realizado em modo automático, sendo este processo controlado através dos equipamentos de análise de água, anteriormente referidos.



**Figura 5.26** - Armazenamento e preparação de reagentes

No interior da sala de preparação de reagentes, o coagulante, é preparado num tanque onde se encontra instalado um moto-reductor que permite a agitação do mesmo, evitando sedimentações indesejáveis. A adição do coagulante é feita com recurso a duas electrobombas doseadoras de diafragma, sendo uma de reserva activa da outra, ou seja, estas electrobombas funcionam em modo de alternância no processo. De referir que as bombas doseadoras trabalham em função do caudal e características da água de entrada na ETA, estando o seu funcionamento controlado por variadores de frequência que permitem a variação do caudal de reagente necessário ao processo de tratamento.

Na figura seguinte encontram-se representados os dois grupos doseadores responsáveis pela adição do coagulante.



**Figura 5.27** - Equipamentos de adição de coagulante

Para preparação do floculante, a ETA dispõe de um equipamento autónomo para o efeito, que está integrado no processo automático de tratamento da estação. Este equipamento está dotado de um quadro eléctrico, dois agitadores para preparação do reagente e três electrobombas doseadoras que permitem adicionar o floculante nos tanques de tratamento. À semelhança do exemplo anterior, também para a adição do floculante, as respectivas electrobombas funcionam em modo de alternância, em função do caudal e características da água de chegada à ETA, sendo estas controladas por variadores de frequência, o que permite aumentar ou diminuir a quantidade de reagente necessário para o tratamento. Na figura seguinte, encontra-se representado o equipamento de preparação do floculante, com as electrobombas de doseamento a um nível inferior do tanque de preparação.





**Figura 5.28** - Equipamento de preparação e adição de floculante

O terceiro reagente, utilizado nesta etapa do processo é denominado por leite de cal. Este reagente é produzido à base de cal em pó, proveniente do respectivo silo de armazenamento, sendo esta transportada mecanicamente através de um parafuso sem fim, accionado por meio de um motor eléctrico. A preparação deste reagente é realizada em dois reservatórios, nos quais se encontram instaladas bóias de nível para controlo do processo de preparação, através de níveis máximos e mínimos de reagente existente no tanque. A fim de auxiliar a preparação do reagente, encontram-se instalados nos tanques dois moto-redutores acoplados a turbinas submersas, que efectuam a sua agitação mecânica, evitando sedimentações de cal no fundo do tanque de preparação.

Para o doseamento do leite de cal no processo de tratamento, encontram-se instaladas quatro electrobombas doseadoras, sendo duas de reserva activa das outras duas, funcionando estas em modo de alternância. Também aqui, o caudal de adição deste reagente varia automaticamente em função do caudal e características da água de entrada na ETA, estando para o efeito, as electrobombas doseadoras controladas por variadores de frequência.

Nas figuras seguintes podemos observar respectivamente, os agitadores instalados na parte superior dos tanques, as electrobombas de adição de leite de cal, as válvulas de corte manual e as válvulas anti-retorno, instaladas nas respectivas condutas que efectuam o transporte do reagente até à zona de contacto no processo de tratamento.



**Figura 5.29** - Preparação do reagente leite de cal



**Figura 5.30** - Equipamentos para adição de leite de cal

Por último, na sala de reagentes, verifica-se a existência de uma unidade de preparação e adição de carvão em pó activado. Esta unidade é constituída por uma tremonha de recepção do carvão em pó, que é descarregado nesta por meio de “big-bags”. O carvão em pó é transportado da tremonha para a cuba de preparação através de um parafuso sem-fim, accionado por um motor eléctrico, onde é feita a adição de água de modo a preparar este reagente para ser adicionado ao processo de tratamento. Esta cuba de preparação de carvão activado é constituída por um moto-redutor que efectua a agitação e diluição do carvão, assim como, por uma sonda de nível que comanda o processo de preparação.

Este reagente é posteriormente adicionado ao processo de tratamento através de duas bombas doseadoras de diafragma, que funcionam em alternância no processo como reserva activa uma da outra.



Na figura seguinte podemos ver a unidade de preparação do carvão em pó activado, onde se encontram representados os equipamentos electromecânicos que constituem esta unidade.



**Figura 5.31** - Equipamento de preparação e adição de carvão em pó activado

A sala dos reagentes está dotada de um diferencial eléctrico com ponte móvel, que possibilita o transporte e elevação dos "big-bags" de carvão em pó para a unidade de preparação de carvão activado.

Todos os equipamentos afectos a esta etapa do processo revelam-se essenciais para garantir a qualidade no tratamento da água realizado pela ETA. Desta forma, e não obstante ao facto da instalação dispor de equipamentos em permanente monitorização do estado físico, biológico e químico do processo de tratamento, os sectores de operação e manutenção dedicam especial atenção e esforços na manutenção aos equipamentos instalados nesta etapa, como forma de garantir que os resultados espectáveis e necessários no final do tratamento não sejam alterados. Considerando o exposto, verifica-se que as OT's referentes aos equipamentos associados a esta etapa de tratamento são por norma, classificadas com prioridade 4 ou 5, respeitante à classificação de prioridades estipulada pela empresa, anteriormente abordada neste trabalho.

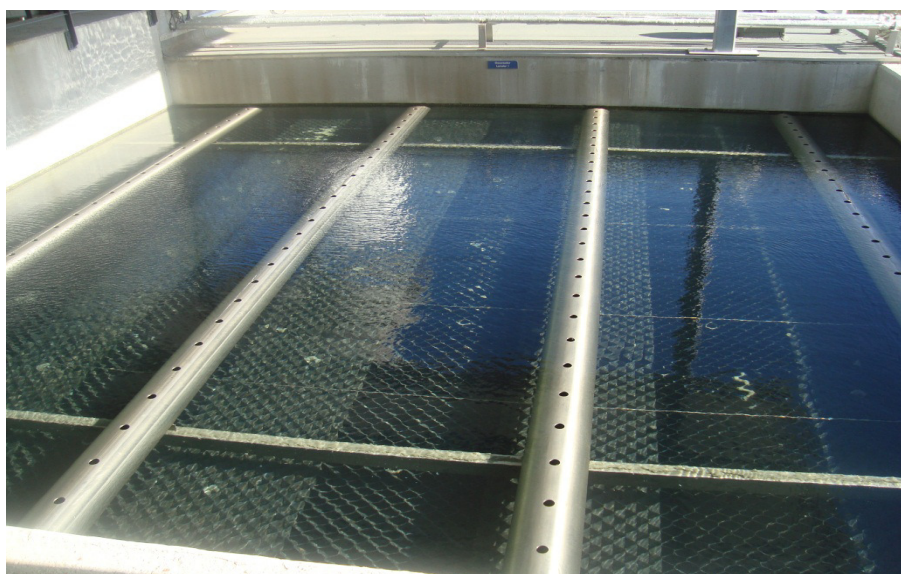
### **5.6.2.3. Decantação lamelar**

Nesta fase, os flocos formados na água pelas etapas anteriores são sujeitos a um processo de decantação, de forma a permitir a separação da fase líquida da fase sólida. Esta operação é efectuada em dois decantadores lamelares, que se encontram instalados em paralelo, sendo o tempo de retenção da água nesta etapa de 12 minutos. Aqui, os flocos são

extraídos sob a forma de lamas para a linha de tratamento de lamas, como iremos ver mais à frente.

Na figura seguinte encontra-se representado um dos dois decantadores lamelares existentes na ETA. Tal como referido anteriormente, as lamas são depositadas por gravidade no fundo do tanque, sendo a água decantada, transportada em modo gravítico pelos orifícios da tubagem instalada, para a etapa de filtração.

Para a saída das lamas provenientes da decantação lamelar, encontram-se instaladas válvulas modulares nas condutas de extracção de lamas, sendo estas comandadas por electroválvulas pneumáticas temporizadas, que permitem a abertura e fecho das referidas válvulas.



**Figura 5.32** - Decantador lamelar

#### **5.6.2.4. Filtração**

Nesta etapa do processo de tratamento, a água proveniente dos decantadores é filtrada através de quatro filtros rápidos de areia, instalados em paralelo. Este processo tem como objectivo eliminar as partículas em suspensão que não foram retidas pelos decantadores.

O sistema de controlo dos filtros baseia-se na instalação de um sensor de nível de água por ultra-sónicos, que se encontra instalado em cada um dos filtros. Este sensor comanda um actuador pneumático de comporta, que permite controlar a abertura ou fecho na admissão de água aos filtros.

Na figura seguinte podemos observar as quatro câmaras de filtros, assim como o respectivo controlador de nível e actuador pneumático das comportas, instalados a jusante dos filtros.

Neste processo, é possível colocar em funcionamento, de um a três filtros em simultâneo, variando este funcionamento em função da necessidade do caudal de água tratada. O processo de escolha para funcionamento dos filtros, varia em função do tempo total de trabalho de cada um, sendo iniciado o processo pelo filtro que apresente menos horas de funcionamento. Para este efeito, cada filtro dispõe de um contador horário de trabalho, permitindo que o sistema de controlo da ETA faça a gestão de funcionamento destes.



**Figura 5.33** - Filtros de areia e equipamentos afectos

Nesta etapa do processo de tratamento de água, revela-se necessário realizar a lavagem dos filtros de areia. Esta lavagem é efectuada através de um sistema em contra processo com recurso a água e ar comprimido, com o objectivo de realizar a limpeza dos filtros, permitindo remover partículas e impurezas depositadas ao longo da etapa de filtração. O fluxo de água e ar comprimido utilizados na lavagem dos filtros são controlados através de medidores de caudal, que comandam os variadores de velocidade instalados para accionamento das electrobombas de água de lavagem e dos compressores de ar comprimido.

Nas figuras seguintes encontram-se respectivamente representadas as electrobombas verticais e os grupos compressores de ar comprimido que permitem a lavagem dos filtros.

Neste processo, verifica-se que o grupo de electrobombas e os compressores funcionam em alternância, estando apenas em cada ciclo do processo uma electrobomba e um compressor a trabalhar.



**Figura 5.34** - Grupo de electrobombas para lavagem dos filtros



**Figura 5.35** - Grupo de compressores para lavagem dos filtros

De referir que a lavagem automática dos filtros é efectuada sempre que a válvula modular de saída de água tratada atinga o máximo de abertura, e nesta condição, não se verifique a descida do nível de água nos filtros. Este estado indicia a colmatção dos filtros, sendo automaticamente iniciado o processo de lavagem dos mesmos. Além do controlo por colmatção, é ainda possível parametrizar a lavagem dos filtros através da definição de ciclos temporais, com base nas horas de trabalho de cada filtro.

As águas resultantes do processo de lavagem dos filtros são reaproveitadas, sendo estas conduzidas para o tanque de recepção de água bruta, através de dois grupos de electrobombas submersíveis comandados por bóias de nível.



Na figura seguinte, podemos observar as condutas que transportam a água dos filtros em modo gravítico para a etapa seguinte, ou seja, o armazenamento em ETA. Aqui, é ainda visível a instalação das válvulas mecânicas modulares, comandadas pneumaticamente por electroválvulas, permitindo como anteriormente referido, o comando automático de saída de água dos filtros. Podemos ainda observar o controlador do sensor ultra-sónico, que mede o nível de água nos tanques de filtragem.



**Figura 5.36** - Saída de água dos filtros para o reservatório de armazenamento em ETA

Para permitir o abastecimento da rede de ar comprimido de serviço a todos os equipamentos pneumáticos existentes na ETA, encontra-se instalado na estação de tratamento, um compressor de ar comprimido com reservatório integrado, conforme apresentado na figura seguinte.



**Figura 5.37** - Compressor de ar comprimido de serviço à ETA

### 5.6.2.5. Desinfecção final

Nesta etapa, tal como o próprio nome indica, é efectuada uma desinfecção final com cloro, à água armazenada nos reservatórios da ETA. Esta desinfecção final permite garantir a qualidade bacteriológica da água produzida, quer à saída da ETA, como também ao longo da rede adutora. Ainda nesta etapa, após a adição de cloro, é feita uma medição e ajuste do PH da água através da adição de leite de cal.

O cloro aqui adicionado encontra-se armazenado no seu estado gasoso, sendo este adicionado ao processo, através de doseadores automáticos denominados por clorómetros. Na figura seguinte podemos observar a sala onde se encontram os contentores de armazenamento de cloro. Esta sala encontra-se equipada com detectores de fugas de cloro e com um sistema de extracção automático de gases. Desta forma, caso seja detectada a fuga de cloro, este é automaticamente extraído com recurso a ventiladores para a torre de neutralização de cloro. Quando tal sucede, o sistema instalado na torre de neutralização, através de uma electrobomba dedicada para o efeito, efectua a adição automática de soda cáustica ao cloro, permitindo a neutralização do gás extraído.

Na sala de cloro, os contentores de armazenamento deste gás encontram-se sobre uma plataforma que funciona como balança electrónica, permitindo saber o volume de cloro existente em cada contentor, através do peso de cada um. Esta sala encontra-se ainda equipada com um diferencial eléctrico e ponte móvel, que possibilita a carga e descarga dos respectivos contentores de cloro.



**Figura 5.38** - Sala de armazenamento de cloro



**Figura 5.39** - Torre de neutralização de cloro

Para adição do cloro ao processo de tratamento, a ETA dispõe de doseadores electrónicos que se encontram instalados na sala de cloro, destinada exclusivamente para o efeito, conforme apresentado na figura seguinte.

Estes doseadores são controlados através de sondas de medição de cloro, inseridas nos reservatórios de água tratada.



**Figura 5.40** - Equipamentos e rede de adição de cloro



#### **5.6.2.6. Armazenamento de água na ETA**

Como já referido, a água tratada é armazenada em dois reservatórios existentes na ETA com capacidade total de 1600 metros cúbicos, sendo posteriormente elevada para dois reservatórios principais. Um destes reservatórios, denominado na empresa por ROM - reservatório de Moimenta, que se encontra instalado na povoação de Cabaços, permite o abastecimento à rede adutora dos concelhos de Moimenta da Beira e Tabuaço. O outro reservatório encontra-se na povoação de Fonte Arcada e destina-se ao abastecimento da rede adutora do concelho de Sernancelhe, sendo internamente na empresa denominado por ROS - reservatório de Sernancelhe. De referir que o caudal médio de abastecimento do ROM é de 81 litros de água por segundo e o caudal médio de abastecimento do ROS é de 19 litros por segundo.

Como forma de garantir a confiabilidade no processo de tratamento de água e consequentemente dos equipamentos instalados no processo, a ETA dispõe nas suas instalações de um laboratório que se encarrega de realizar análises à água, garantindo a qualidade exigida da mesma ao longo das etapas do processo de tratamento de água, e mais exaustivamente na fase precedente à sua distribuição na rede adutora.



**Figura 5.41** - Laboratório de análises na ETA



### **5.6.2.7. Elevação da água tratada**

Para permitir a elevação da água tratada ao ROM e ao ROS, anteriormente referidos, encontram-se instalados na ETA dois grupos de electrobombas com respectivas condutas, válvulas e RAC's - reservatórios de ar comprimido. Cada um destes grupos dispõe de três electrobombas que funcionam automaticamente por controlo directo dos reservatórios a jusante, ou seja, quando o nível de água nos reservatórios baixa é enviado uma ordem para que os grupos entrem em funcionamento, permitindo o abastecimento de água aos mesmos. O funcionamento das electrobombas é feito em alternância, quer em função das horas de trabalho, que cada grupo apresente, bem como em função do caudal de água que se revele necessário depositar nos reservatórios.

Nas figuras seguintes encontram-se representados os grupos de electrobombas, que permitem a elevação de água aos reservatórios, e consequente abastecimento dos municípios anteriormente referidos.



**Figura 5.42** - Estação elevatória de adução à rede de Moimenta da Beira e Tabuaço

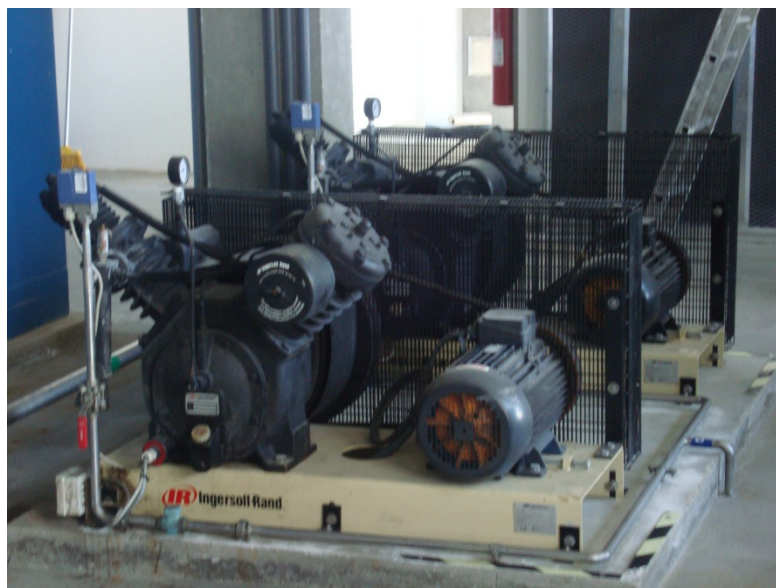


**Figura 5.43** - Estação elevatória de adução à rede de Sernancelhe

Estes grupos de electrobombas garantem a elevação de água aos reservatórios, conforme anteriormente mencionado, encontrando-se o ROM a 200 metros de altitude e o ROS a 144 metros. Como forma de garantir este abastecimento de água, verifica-se que o grupo de electrobombas responsável pelo abastecimento ao ROM, dispõe de uma potência instalada de 132KW por electrobomba e o grupo de electrobombas responsável pelo abastecimento ao ROS, dispõe de uma potência instalada de 30KW por electrobomba.

Nas linhas de compressão das electrobombas, conforme pode ser visto nas figuras anteriores, verifica-se a instalação de válvulas motorizadas e válvulas anti-retorno. Estas válvulas permitem manter as condutas a jusante em carga, protegendo, as electrobombas, as condutas e demais equipamentos instalados do “golpe de ariete”, provocado no acto de paragem dos grupos de elevação. Para suportar o “golpe de ariete”, cada grupo de electrobombas dispõe de um RAC instalado em paralelo, que permite estabilizar as flutuações de pressão no interior das condutas. Para o efeito, os RAC’s dispõem no seu interior de uma câmara de borracha elástica, insuflada com uma determinada pressão de ar, calculada em função da altura de elevação da água.

Para manter a pressão de ar comprimido dentro dos RAC’s, a ETA dispõe de dois compressores de parafuso dedicados para o efeito. Estes compressores compensam qualquer perda de pressão detectada nos reservatórios, sendo estes accionados automaticamente por ordem de pressostatos instalados nos RAC’s.



**Figura 5.44** - Grupo de compressores afectos aos RAC

Verifica-se ainda na ETA, a instalação de uma central hidropressora para alimentação da rede de água potável e águas de serviço da estação de tratamento.

Esta central hidropressora, representada na figura seguinte, é composta por duas electrobombas verticais, um quadro eléctrico de comando da central e um RAC. O modo de funcionamento das electrobombas na central hidropressora é feito em alternância automática, sendo estas accionadas quando a pressão de água da rede interna da ETA seja inferior a um valor de pressão pré-definido.



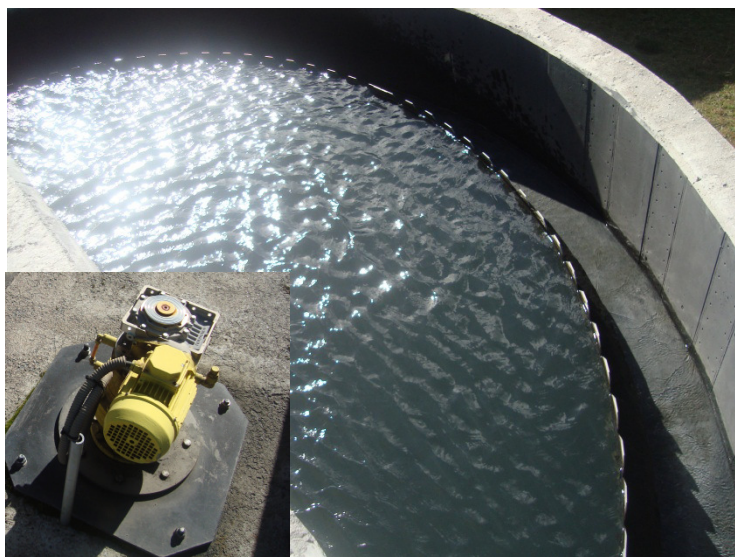
**Figura 5.45** - Central hidropressora de serviço à ETA

### 5.6.2.8. Tratamento de lamas

Tal como anteriormente referido, as águas provenientes da etapa de filtração e as lamas recolhidas nos decantadores lamelares, são encaminhadas para a linha de tratamento de lamas, onde são desidratadas. Este processo, respeitante à fase sólida, é realizado em duas etapas, ou seja: a etapa de espessamento e a etapa de desidratação por centrifugação.

No final deste processo, as lamas desidratadas são encaminhadas para aterro sanitário, e a água recuperada no decurso desta etapa é reintroduzida no início do processo de tratamento de água.

Na figura seguinte, encontra-se representado o tanque primário de armazenamento de lamas, onde através de um processo de espessamento gravítico e por decantação, as lamas são conduzidas para o tanque secundário de elevação de lamas. No tanque primário encontra-se instalado um agitador mecânico que permite que as lamas não sejam sedimentadas em excesso no tanque, o que poderia provocar a obstrução das condutas.



**Figura 5.46** - Tanque primário de lamas

Nesta fase as lamas armazenadas no segundo tanque são conduzidas para a unidade centrífuga através de uma estação elevatório de lamas, constituída por duas electrobombas verticais. As electrobombas de elevação encontram-se instaladas com variadores de frequência e são comandadas automaticamente por bóias instaladas no segundo tanque de lamas, iniciando o seu funcionamento, quando o nível no tanque atinga um determinado limite dentro deste.



A unidade centrífuga, como o próprio nome indica, através de um processo de centrifugação permite a desidratação completa das lamas. Para auxiliar este processo de desidratação, a ETA dispõe de uma unidade de preparação de polielectrólito.

O funcionamento desta unidade de preparação de polielectrólito é autónomo, estando integrado com todo o processo automático da fase sólida. O produto químico preparado nesta unidade irá auxiliar o processo de espessamento das lamas, sendo adicionado a estas, na unidade de centrifugação.

Por fim, à saída da unidade centrífuga, as lamas são conduzidas por gravidade para um contentor, sendo este posteriormente transportado para depositar as lamas desidratadas em aterro final.

Nas figuras seguintes encontram-se respectivamente representados, o tanque secundário de lamas, com as respectivas electrobombas de elevação, assim como, a unidade centrífuga e a unidade de preparação do polielectrólito, com os respectivos agitadores de preparação do produto químico e as electrobombas doseadoras. Para controlo produtivo deste processo, encontra-se instalado um conversor de caudal electrónico na linha de admissão de lamas ao segundo tanque, que permite conhecer a quantidade de lamas produzidas e tratadas na ETA.



**Figura 5.47** - Tanque secundário com representação dos equipamentos instalados



**Figura 5.48** - Unidade de centrifugação de lamas



**Figura 5.49** - Unidade de preparação de polielectrólito

#### **5.6.2.9. Equipamentos e instalação de apoio**

De modo a finalizarmos a descrição dos equipamentos instalados na ETA do Vilar, verifica-se que esta instalação dispõe de dois grupos geradores a gasóleo, sendo um fixo e um móvel. O grupo fixo dispõe de uma potência instalada de 120 KVA e garante, em caso de falha da rede de distribuição eléctrica, a continuidade do processo de captação e elevação de água na albufeira, assim como, o funcionamento integral da ETA.

O grupo móvel, com uma potência instalada de 45 KVA, encontra-se disponível para responder a emergências na falha de energia eléctrica a qualquer das restantes instalações pertencentes ao SAA do Vilar.

Nas figuras seguintes encontram-se representados os grupos geradores de apoio ao SAA do Vilar.



**Figura 5.50** - Grupo gerador de serviço à ETA



**Figura 5.51** - Grupo gerador de serviço ao SAA do Vilar

Tal como referido anteriormente neste trabalho, a instalação de tratamento dispõe de um espaço oficial destinado a prestar apoio à realização das acções de manutenção aos equipamentos instalados no SAA do Vilar, assim como para armazenamento de matérias e ferramentas de uso corrente na actividade do sector, conforme se pode ver na figura seguinte.





**Figura 5.52** - Oficina de manutenção na ETA do Vilar

### **5.6.3. Armazenamento de água em “alta”**

A escolha do reservatório afecto ao SAA do Vilar para o presente estudo, recai sobre o ROM, conforme se apresenta na figura seguinte. Esta escolha deve-se apenas ao facto de ser o reservatório com maior capacidade de armazenamento de água no SAA do Vilar, e consequentemente com maior capacidade respeitante aos equipamentos instalados. De referir que em termos de tecnologia e quantidade de equipamentos afectos, o ROM e o ROS são em tudo semelhantes.



**Figura 5.53** - Instalação exterior do ROM



Este reservatório está localizado estrategicamente a uma altitude elevada, por forma a possibilitar que a maior parte do abastecimento aos reservatórios e pontos de entrega a jusante, possa ser feito em modo gravítico. Desta forma, a rede adutora dependente do abastecimento do ROM, é composta por 5 reservatórios e 16 pontos de entrega, encontrando-se ainda instaladas e distribuídas na rede, 3 estações elevatórias que permitem o abastecimento aos locais onde o abastecimento em modo gravítico não é possível. O ROM é composto por duas células de armazenamento de água, com capacidade total de 1500 metros cúbicos.

A etapa de abastecimento pode ser diferenciada por dois processos, sendo estes: o processo de entrada de água no reservatório, proveniente da ETA, e o processo de saída de água do reservatório, para abastecimento da rede adutora.

Considerando o processo de abastecimento de água ao reservatório, e tal como anteriormente referido, verifica-se que o controlo de funcionamento e paragem do grupo de electrobombas elevatórias existente na ETA, é realizado automaticamente pelo reservatório, quando o nível de água nas células de armazenamento atinge um determinado nível mínimo ou máximo pré-definido. Para garantir a continuidade do abastecimento, encontram-se instalados no reservatório três sistemas de informação que permitem o funcionamento automático das electrobombas, sendo estes: válvula altimétrica, sensor ultra-sónico e bóias.

O controlo por válvula altimétrica caracteriza-se pela medição de nível hidráulico no reservatório, actuando sobre o fecho ou abertura de uma válvula mecânica, que através de uma queda de pressão medida por um pressostato electrónico induz o arranque das electrobombas. O controlo por sensor ultra-sónico efectua a medição do nível de água no reservatório por tecnologia de ultra-sons, enviando electricamente informação para arranque das bombas por um set-point de nível pré-definido. O controlo de nível por bóias é efectuado pela instalação de bóias de nível submersas nas células de armazenamento, que actuam electricamente sobre o grupo de elevação de água. Os três sistemas referidos encontram-se instalados como segurança activa uns dos outros, garantindo que em caso de falha ou avaria de qualquer um deles, o abastecimento ao reservatório não é comprometido.

Na figura seguinte, podemos ver a válvula altimétrica instalada na conduta de adução ao reservatório, a instalação do sensor ultra-sónico e as bóias de nível instaladas no interior das células de água.



**Figura 5.54** - Equipamentos de controlo do nível de água do ROM

No reservatório, encontra-se instalado um quadro eléctrico que permite a alimentação dos equipamentos electromecânicos, assim como a comunicação com a ETA e respectivos pontos de entrega a jusante do reservatório, conforme se apresenta na figura seguinte. Nesta figura, é possível ver do lado esquerdo do quadro eléctrico, os conversores dos sensores ultrasónicos instalados nas células de armazenamento de água, que conferem ao sistema, a informação exacta sobre o volume de água existente em cada célula do ROM.



**Figura 5.55** - Quadro eléctrico de apoio aos equipamentos do ROM

Considerando o processo de saída de água do reservatório, ou seja, o abastecimento da rede adutora, verifica-se a existência de dois grupos de electrobombas verticais no interior do reservatório, que permitem o abastecimento aos reservatórios, e consequentemente aos pontos de entrega a jusante, aos quais o abastecimento em modo gravítico não é possível. Os grupos de electrobombas são comandados por um pressostacto electrónico instalado na linha adutora. O seu modo de funcionamento é baseado na medição de uma descida de pressão de água na conduta, sendo que quando tal acontece, é enviada uma ordem ao grupo de electrobombas, através do autómato, para abastecimento de água aos pontos de entrega e reservatórios a jusante.

Nas figuras seguintes encontram-se representados os dois grupos electrobombas que efectuam o abastecimento à povoação de Cabeças e à povoação de Cabaços, assim como, o pressostato electrónico, o RAC e as válvulas de corte manuais que permitem isolar a linha de adução, nomeadamente em caso de avaria de algum equipamento instalado.



**Figura 5.56** - Equipamentos para elevação de água à povoação de Cabeças



**Figura 5.57** - Equipamentos para elevação de água à povoação de Cabaços

Cada um dos grupos de electrobombas referidos é composto por duas electrobombas verticais, funcionando estas, em modo de alternância por cada ciclo de funcionamento, o que possibilita manter o mesmo número de horas de trabalho em cada uma delas.

#### **5.6.4. Sistema adutor**

Tal como anteriormente referido, o sistema adutor dos concelhos de Moimenta da Beira e Tabuaço é composto por 3 estações elevatórias. Estas estações elevatórias permitem elevar a água a um ponto no qual é possível estabilizar o caudal e a pressão, para que posteriormente esta possa ser conduzida em modo gravítico até aos pontos de entrega.

Desta forma, passamos a descrever os equipamentos instalados na estação elevatória localizada na povoação de Leomil, pertencente ao SAA do Vilar, que possibilita o abastecimento de água ao reservatório e ponto de entrega da povoação de Alvite.

Nesta estação elevatória encontram-se instaladas, duas electrobombas centrífugas, que funcionam em modo de alternância activa uma da outra, um diferencial mecânico com ponte móvel que auxilia a carga e descarga do equipamento afecto à estação elevatória e um quadro eléctrico com o equipamento de potência e comando desta instalação, permitindo realizar as comunicações com o reservatório situado a montante e a jusante.

Em virtude desta estação elevatória realizar o abastecimento ao ponto de entrega e ao reservatório, situados na povoação de Alvite, verifica-se a instalação de um conversor de caudal electrónico que permite o registo do abastecimento realizado ao reservatório e ao respectivo ponto de entrega.



Nas figuras seguintes encontram-se respectivamente representado, a instalação da estação elevatória, o grupo de electrobombas associado às condutas de admissão e compressão de água, as válvulas motorizadas de controlo automático, o quadro eléctrico e o medidor com respectivo conversor de caudal de água, que é elevado por esta instalação.



**Figura 5.58** - Estação elevatória de Leomil



**Figura 5.59** - Grupo de electrobombas elevatórias



**Figura 5.60** - Quadro eléctrico de apoio à estação elevatória e medidor e conversor de caudal

#### **5.6.4.1. Pontos de entrega**

Os pontos de entrega representam os locais onde termina a actividade do processo de abastecimento em “alta” da AdTMAD, sendo a partir daqui a distribuição de água feita em “baixa”, estando esta, tal como anteriormente referido, sob a responsabilidade dos municípios locais.

Genericamente, os pontos de entrega são constituídos por um quadro eléctrico e um reservatório, no qual a AdTMAD já não tem qualquer responsabilidade de actuação. No quadro eléctrico, encontra-se instalado o equipamento eléctrico e electrónico, que permite o controlo de nível de água no reservatório do ponto de entrega, assim como, o equipamento que permite as comunicações com o reservatório ou estação elevatória a montante.

Habitualmente, neste tipo de instalação o controlo do nível de água, e consequente abastecimento, é feito com recurso a válvulas altimétricas.

Além do equipamento referido, destaca-se a instalação de um caudalímetro electrónico que permite a contagem de água depositada no ponto de entrega, para a consequente facturação aos municípios.

Na figura seguinte encontra-se representado o ponto de entrega instalado na povoação de Alvite, pertencente ao SAA do Vilar.



**Figura 5.61** - Ponto de entrega e equipamentos instalados na povoação de Alvite

### **5.6.5. Considerações finais do SAA do VILAR**

Tal como anteriormente descrito, todos os equipamentos instalados no SAA do Vilar, considerando a fase líquida e a fase sólida, têm a sua função específica no processo de tratamento e abastecimento de água ao sistema instalado. Verifica-se que na maioria das instalações e etapas do processo de tratamento e abastecimento de água, os equipamentos instalados encontram-se sobredimensionados em número, ou seja, encontram-se instalados como reservas activas uns dos outros, face às necessidades resultantes do processo de tratamento e abastecimento de água. Tal facto é assumido pela AdTMAD, como a forma de a empresa garantir que o processo produtivo e de abastecimento não é afectado ou condicionado em caso de avaria de qualquer equipamento essencial ao processo de tratamento/abastecimento, ou ainda, pela necessidade de intervenção urgente pelo sector de manutenção.

Este sobredimensionamento em número de equipamentos instalados permite que a empresa possa assegurar os objectivos de serviço público a que se propõe, atendendo quer à qualidade e continuidade do abastecimento, bem como, à responsabilidade ambiental considerando o tratamento de lamas efectuado na fase sólida.

Para o sector da manutenção, verifica-se que esta prática de instalação dos equipamentos contribui favoravelmente para a sua actividade, no que respeita ao planeamento e gestão do sector, na medida em que a execução das tarefas de manutenção, não se encontram condicionadas na sua totalidade pelas actividades produtivas/operativas, o que favorece as relações entre os dois sectores de actividade e consequentemente a motivação dos colaboradores do sector operativo e da manutenção.

Atendendo ao facto das instalações de tratamento e abastecimento de água, funcionarem por norma em modo automático, aumenta a responsabilidade e importância do sector de manutenção em garantir a confiabilidade dos equipamentos instalados, como forma de garantir a eficiência e eficácia do sistema. Desta forma, será apresentado nas tabelas seguintes, um resumo das principais actividades de manutenção preventiva desenvolvidas aos equipamentos instalados no SAA do Vilar.

Considerando as actividades e tarefas de manutenção, importa referir que a AdTMAD não dispõe de ferramentas e de técnicos habilitados no seu sector de manutenção para efectuar a calibração e manutenção, quer aos equipamentos de instrumentação e medida, distribuídos ao longo do processo de tratamento, assim como ao equipamento de ozonização e equipamentos afectos ao laboratório.

Desta forma e atendendo a que as acções de manutenção necessárias a estes equipamentos se enquadram maioritariamente em acções de manutenção de 4º nível, a empresa subcontrata estes serviços a empresas externas, especializadas nesta área.



Instalação - Captação		
EQUIPAMENTO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA OPERAÇÃO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA MANUTENÇÃO
Plataforma Flutuante	Verificar estado da estrutura, quanto a corrosões e parafusos de fixação;	Verificar funcionamento dos actuadores de posicionamento, caso necessário reposicionar;
		Lubrificar engrenagens;
Bombas Centrifugas (Eixo Vertical)	Verificar estado de funcionamento do equipamento, com atenção para ruídos, aquecimentos e vibrações anormais;	Medir isolamento eléctrico do motor, impedância e verificar consumo eléctrico nas 3 fases;
	Lubrificar grasser's;	Lubrificar grasser's dos rolamentos do motor
	Verificar lubrificação do cordão de empanque;	Verificar estado do impulsor e voluta, analisar desgaste;
	Verificar o funcionamento do comando dado pelas bóias e procedendo à sua limpeza;	Verificar e substituir empanque, o 'rings e rolamentos;
Válvula Borboleta (Motorizada)	Proceder manualmente à abertura e fecho da válvula verificando o seu bom funcionamento;	Verificar estado das válvulas, procedendo a reapertos, pinturas e marcações;
	Verificar o estado de conservação da válvula e proceder à limpeza da mesma;	Desmontar válvula, verificar estado dos vedantes, caso necessário substituir;
Actuador Eléctrico	Proceder manualmente à abertura e fecho do actuador verificando o seu funcionamento;	Verificar a afinação do fim de curso e do transmissor de posição através da manobra da válvula;
		Verificar estado dos o 'rings e bucins, verificar estado do acoplamento mecânico;
	Verificar o estado de conservação do actuador e proceder à sua limpeza;	Lubrificar engrenagens;
		Verificar resistência de isolamento e continuidade eléctrica das massas e estruturas metálicas condutoras;
Diferencial Eléctrico	Lubrificar a corrente de carga, seguindo a instrução do sector de manutenção;	Lubrificação das chumaceiras e rolamentos;
	Testar sistema de frenagem;	Mudança do óleo do moto-reductor;
Quadro Eléctrico	Procedr à inspecção visual com atenção para ruídos anormais, crepitações e vibrações, antes de desligar e depois de ligar o quadro;	Verificar estado das cablagens, ligações e bornes de terra;
		Efectuar a medição dos terras de serviço e de Protecção;
	Verificar o correcto funcionamento da aparelhagem de medida;	Verificar funcionamento da resistência de aquecimento anti condensação;
	Verificar disparos, alarmes e indícios de equipamento queimado;	Efectuar a medição do valor de tensão da instalação e comparar com analisador de rede;
		Verificar funcionamento da aparelhagem eléctrica geral;

Tabela 5.1 - Principais acções de manutenção aos equipamentos afectos à captação

Instalação - ETA do Vilar		
EQUIPAMENTO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA OPERAÇÃO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA MANUTENÇÃO
Rede de Gases - CO2	Verificar funcionamento, com atenção para ruídos, vibrações. Verificar estado de conservação de tubagens e electroválvulas do processo;	Verificar estado das tubagens, efectuando reapertos, pinturas e marcações;
		Verificar aparelhagem eléctrica no quadro de comando, proceder a reapertos dos contactos;
Unidade de preparação de Cal (Água de Cal)	Efectuar limpeza do filtro de entrada a cada enchimento do silo;	Verificar nível do óleo, repor ou efectuar a troca;
	Verificar estrutura, fixações e parafusos de fixação;	Lubrificar rolamentos e chumaceiras;
		Efectuar a troca de peças de desgaste, tais como rolamentos, empanque e elementos de vedação;
Cubas /Reservatórios (Leite de Cal; Coagulante; Carvão) Tanques (Recirculação Água; Mistura de Lamas;	Verificar estado geral do reservatório, tubagens e válvulas associadas;	Proceder a reapertos de tubagens e verificar possíveis fissuras nos cabos eléctricos;
	Proceder à limpeza das bóias de nível, testar o seu funcionamento;	
Ozonizador (Pré-Oxidação - sala de Ozono)	Verificar funcionamento geral do equipamento, com especial atenção para possíveis fugas;	Verificar circuito de refrigeração do ozonizador;
	Verificar funcionamento de alarme em caso de corte de água de refrigeração;	Verificar eventuais fugas nos PSA e ozonizador;
		Efectuar inspecção-geral e proceder a reapertos nas cablagens;
Agitadores Verticais (Remineralização parcial/Neutralização PH; Coagulação/Floculação)	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e ou vibrações anormais;	Verificar nível do óleo, repor ou efectuar a substituição;
	Verificar o funcionamento do comando dado pelas sondas de nível;	Verificar estado das hélices;
		Efectuar a troca de peças de desgaste, tais como rolamentos, empanque e elementos de vedação;
		Medir isolamento eléctrico do motor e a impedância;
Unidade Preparação Cal (Remineralização parcial/Neutralização PH)	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e ou vibrações anormais;	Lubrificar rolamentos e Chumaceiras;
	Verificar tubagem, estando atento a fugas e pontos de fixação;	Efectuar a substituição de peças de desgaste, tais como: rolamentos, empanque, elementos de vedação;
	Verificar funcionamento das electroválvulas;	Efectuar a substituição do óleo do redutor;

<b>Válvulas de Cunha e Válvulas borboleta c/ actuador pneumático</b>	Proceder à abertura e fecho das válvulas de cunha de forma a constatar o bom funcionamento das mesmas;	Ajustar ou substituir empanque ;
	Proceder à limpeza e verificar a estanquicidade das juntas de vedação das válvulas;	Verificar e ajustar os fins de curso;
<b>Actuador Pneumático (Remineralização/Neutralização PH; Coagulação/Floculação)</b>	Proceder manualmente à abertura e fecho do actuador verificando o bom funcionamento do mesmo;	Proceder à desmontagem e limpeza das electroválvulas de ar;
	Verificar o estado de conservação do actuador e proceder à limpeza do mesmo;	Verificar e ajustar os fins de curso;
		Verificar estado dos actuadores, procedendo a reapertos, pinturas e marcações;
<b>Válvula de comporta (Adsorção Carvão Activado; Filtração)</b>	Proceder à abertura e fecho da válvula, verificando o seu funcionamento;	Desmontar válvula, verificando estado dos vedantes, substituir caso necessário;
	Verificar o estado das juntas de vedação;	Verificar estado das válvulas, proceder a reapertos, pinturas e marcações;
	Lubrificar o fuso da válvula com massa de lubrificação;	
<b>Válvula Retenção (Filtração; Espessamento)</b>	Proceder à limpeza geral do equipamento;	Proceder á desmontagem da válvula e verificar desgaste dos vedantes, substituir caso necessário;
	Verificar se existem objectos ou detritos que possam impedir o fecho total da válvula, através do curso do braço do contrapeso;	
<b>Bombas de Parafuso (Remineralização parcial/Neutralização PH; Ajuste PH Final; Saturador de Cal; Desidratação)</b>	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e vibrações anormais;	Medir isolamento eléctrico do motor e impedância;
	Verificar o nível do óleo da caixa de engrenagens, caso necessário repor;	Substituir empanque, o 'rings de vedação e rolamentos;
	Verificar o nível e estado do óleo lubrificante no variador de velocidade mecânico, estando atento a eventuais fugas;	Verificação estado de conservação e substituir caso necessário o estator e o rotor;
	Proceder à limpeza geral do equipamento.	Verificar nível de óleo, repor ou efectuar a substituição;
<b>Bombas Centrifugas (Coagulação/Floculação; Filtração; Neutralização Fuga Cloro)</b>	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e vibrações anormais;	Verificar estado do impulsor e voluta, análise de desgaste;
	Verificar anomalias nas válvulas, tubagens e outros acessórios;	Substituir empanque, o 'rings de vedação e rolamentos;
	Lubrificar grasser's;	Verificar nível de óleo, repor ou substituir;
	Verificar lubrificação do cordão de empanque;	Medir isolamento eléctrico do motor e a impedância;
	Verificar o funcionamento do comando dado pelas bóias, procedendo à limpeza das mesmas.	Lubrificar grasser's;

<b>Bombas de Diafragma (Coagulação/Floculação; Adsorção Carvão Activado)</b>	Verificar funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e vibrações anormais;	Limpar e verificar estado das membranas;
	Proceder à limpeza das válvulas de aspiração e compressão;	Limpar tubagem, válvulas de retenção e efectuar reapertos;
	Proceder à limpeza geral do equipamento;	Verificar estado do motor, medindo consumo e impedância;
		Verificar nível de óleo de lubrificação, repor ou substituir;
<b>Bomba Submersível (Recolha Águas Sujas; Mistura de Lamas; Recolha de Escorrências)</b>	Verificar funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos e ou vibrações anormais;	Verificar nível de óleo de lubrificação, repor ou substituir;
	Verificar dispositivos de elevação, correntes, manilhas, guias e suporte de elevação;	Medir isolamento eléctrico do motor;
	Verificar anomalias nas válvulas, tubagens e restantes acessórios;	Verificar consumo eléctrico nas 3 fases;
	Verificar o funcionamento do comando dado pelas sondas de nível e proceder à limpeza das mesmas;	Verificar a tubagem, guias, corrente de elevação e efectuar a reparação dos pontos danificados;
	Proceder à limpeza geral do equipamento;	Verificar estado de desgaste do impulsor e voluta, substituir quando necessário;
<b>Unidade preparação Reagentes: (Coagulação/Floculação) - Unidade Preparação Carvão (Adsorção Carvão Activado) - Unidade Preparação Polímero</b>	Verificar o estado de fixação da estrutura;	Verificar nível do óleo, repor ou efectuar troca quando necessário;
	Verificar alinhamento do equipamento, com atenção para empenos ou desgaste;	Efectuar reapertos nas tubagens;
	Verificar anomalias nas válvulas, tubagens e restantes acessórios;	Lubrificar rolamentos e Chumaceiras;
	Verificar o nível do óleo lubrificante das caixas de engrenagens, com atenção para eventuais fugas;	Mudar óleo da caixa redutora;
		Efectuar a troca de peças de desgaste, tais como rolamentos, empanque e elementos de vedação;
<b>Armazenamento Cloro (Sala de armazenamento de Cloro)</b>	Verificar o funcionamento das válvulas e electroválvulas, procedendo à sua comutação;	Verificar estado de conservação das electroválvulas e tubagem, substituir caso necessário;
	Verificar funcionamento dos manómetros;	
	Verificar funcionamento da balança, simulando o aumento de peso;	
<b>Unidade Neutralização Cloro (Sala da Unidade Neutralização Cloro)</b>	Verificar o estado da bacia de retenção, com atenção para possíveis fissuras e pontos de corrosão;	Proceder a reapertos na tubagem;
	Verificar funcionamento das válvulas;	Proceder à substituição de válvulas;
<b>Ventiladores Axiais</b>	Verificar o funcionamento, estando atento a ruídos, vibrações e fixações;	Proceder à substituição dos rolamentos;
	Proceder à limpeza geral do equipamento;	Verificar estado de desgaste das pás axiais;

<b>Centrífuga (Desidratação)</b>	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e ou vibrações anormais;	Lubrificar chumaceiras e rolamentos;
	Lubrificar rolamentos, veios e grasser's, conforme instrução dada pelo sector de manutenção;	Controlar o estado de tensão e alinhamento das correias dos motores. Substituir se necessário;
	Verificar a existência de anomalias nas válvulas, tubagens e restantes acessórios;	Verificar o estado dos rolamentos e retentores do tambor e motor;
<b>Diferencial Eléctrico</b>	Verificar e lubrificar a corrente de carga se necessário;	Lubrificar chumaceiras e rolamentos;
	Testar sistema de frenagem;	Mudar óleo do moto-reductor;
<b>Ponte Raspadora (Espessamento)</b>	Verificar a existência de desalinhamentos do veio, empenos ou desgaste;	Medir isolamento eléctrico do motor e registar consumos nas 3 fases;
	Verificar o nível e estado do óleo lubrificante do moto-reductor;	Efectuar a verificação de funcionamento do pente espessador;
	Lubrificar rolamentos, chumaceiras e tensores;	Mudar óleo do moto-reductor;
<b>Central Hidropressora (Sistema de Apoio Geral)</b>	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos e ou vibrações anormais;	Medir e ajustar a pressão no RAC;
<b>Compressor Ar de Serviço (Sistema de Apoio Geral)</b>  <b>Gerador de Emergência (Sistema de Apoio Geral)</b>	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e ou vibrações anormais;	Efectuar a troca de peças de desgaste, tais como rolamentos, empanque e elementos de vedação;
	Examinar o estado de fixação do equipamento;	Medir isolamento eléctrico do motor, impedância e registar consumos nas três fases;
	Verificar a existência de fugas de ar comprimido;	Efectuar a troca de peças de desgaste, tais como rolamentos, empanque, elementos de vedação;
	Verificar o nível de óleo do compressor, estando atento a eventuais derrames;	
	Purgar os condensados do reservatório de ar comprimido;	
	Colocar o grupo em funcionamento, durante 1 hora, em vazio;	Verificar nível de refrigerante do motor;
	Verificar o bom funcionamento do Gerador;	Efectuar teste do gerador em carga, efectuando a paragem da energia eléctrica da rede;
	Verificar sensorialmente o nível de ruídos, vibrações ou aquecimentos anormais;	Mudar filtros de ar, combustível e óleo;
	Verificar o nível e estado do óleo lubrificante do motor, com atenção para eventuais derrames;	Mudar óleo de motor;
	Proceder à limpeza geral do equipamento;	Verificar estado das correias do equipamento, substituir ou tencionar;

Tabela 5.2 - Principais acções de manutenção aos equipamentos afectos à ETA do Vilar

Instalação - Reservatório e Ponto de entrega		
EQUIPAMENTO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA OPERAÇÃO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA MANUTENÇÃO
Bóia de nível reservatório	Verificar estado de conservação e funcionamento de comando dado pelas bóias através dos sinalizadores instalados no quadro eléctrico;	Verificar funcionamento das bóias, com atenção para possíveis fissuras nos cabos eléctricos;
Válvula altimétrica	Verificação estado de funcionamento das válvulas automáticas de controlo, através do comando hidráulico e eléctrico;	Verificar circuito piloto, filtros, válvulas e diafragma d válvula;
	Verificar se existem escorrências de água indesejadas derivadas da válvula;	Verificar estado de conservação das juntas e substituir quando necessário;
	Efectuar a purga do filtro de sedimentação, através do comutador da válvula de esfera;	Verificar continuidade eléctrica das massas e estruturas metálicas condutoras;
Válvula Seccionamento Cunha - motorizada	Proceder à abertura e fecho das válvulas de cunha de forma a constatar o bom funcionamento das mesmas;	Verificar estado das válvulas, procedendo a reapertos, pinturas e marcações;
	Verificar a estanquicidade das juntas de vedação da válvula;	Desmontar a válvula e verificar estado dos vedantes e efectuar a troca se necessário;
	Verificar o estado de conservação da válvula e proceder à limpeza geral da mesma;	
Actuador Eléctrico	Proceder manualmente à abertura e fecho do actuador verificando o bom funcionamento do mesmo;	Verificar a afinação dos fins de curso e do transmissor de posição através da manobra da válvula;
	Verificar o estado de conservação do Actuador e proceder à limpeza do mesmo;	Verificar estado dos o 'rings e bucins, com atenção para o estado do acoplamento mecânico;
	Lubrificar engrenagens;	Afinação dos tempos de abertura e fecho da válvula;
	Verificar fins de curso do actuador;	
Quadro eléctrico (Distribuição de Energia)	Verificar a existência de ruídos anormais, crepitações e vibrações antes de desligar e depois de ligar o quadro;	Verificar funcionamento da resistência de aquecimento anti condensação;
	Verificar disparos, alarmes e existência de equipamento em mau estado;	Efectuar a medição do valor de tensão da instalação e comparar com analisador de rede;
	Inspeccionar as condições de fixação e o funcionamento de fechaduras, chaves e dobradiças;	Verificar funcionamento da aparelhagem eléctrica geral e proceder à sua limpeza;
Bombas centrífugas	Verificar o bom funcionamento do motor e da bomba, estando atento a níveis de ruídos e ou vibrações anormais;	Medir isolamento eléctrico do motor e impedância;
	Lubrificar os grasser's;	Verificar consumo do motor nas 3 fases;
	Verificar anomalias nas válvulas, tubagens e outros acessórios;	Lubrificar grasser's;
	Proceder à limpeza geral do equipamento;	Analisar estado de desgaste do impulsor e voluta, substituir se necessário;

Tabela 5.3 - Principais acções de manutenção aos equipamentos afectos ao Reservatório e Ponto de entrega

Instalação - Estação Elevatória		
EQUIPAMENTO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA OPERAÇÃO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA MANUTENÇÃO
Bomba centrífuga	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e vibrações anormais;	Verificar os consumos do equipamento nas 3 Fases;
	Lubrificar os grasser's;	Lubrificar grasser's;
	Verificar lubrificação do cordão de empanque;	Verificar estado de desgaste do impulsor e voluta;
	Verificar possíveis anomalias nas válvulas, tubagens e restantes acessórios;	Verificação estado de empanques, o 'rings e rolamentos, substituir caso necessário;
	Verificar o funcionamento do comando dado pelas bóias, procedendo à limpeza das mesmas;	Medir isolamento eléctrico do motor e a impedância;
	Proceder à limpeza geral do equipamento;	
Válvula de Cunha -motorizada	Proceder à abertura e fecho das válvulas de cunha de forma a constatar o bom funcionamento das mesmas;	Verificar estado das válvulas, efectuando reparação como apertos, pinturas e marcações;
	Verificar a estanquicidade das juntas de vedação da válvula;	Substituir ou comprimir empanque, quando necessário;
	Verificar o estado de conservação da válvula e proceder à limpeza geral da mesma;	Verificar a afinação dos fins de curso e do transmissor de posição através da manobra da válvula;
Actuador Eléctrico	Proceder manualmente à abertura e fecho do actuador, verificando o bom funcionamento do mesmo;	Verificar estado de o 'rings, bucins e acoplamentos mecânicos;
	Verificar o estado de conservação do actuador e proceder à limpeza do mesmo;	Afinação dos tempos de abertura e fecho da válvula;
	Lubrificar Engrenagens;	Lubrificação de engrenagens;
	Verificar fins de curso do actuador;	Verificar resistência de isolamento e continuidade eléctrica das massas e estruturas metálicas;
Quadro eléctrico (Distribuição de Energia)	Verificar a existência de ruídos anormais, crepitações e vibrações antes de desligar e depois de ligar o quadro;	Verificar funcionamento da resistência de aquecimento anti condensação;
	Verificar disparos, alarmes e existência de equipamento em mau estado;	Efectuar a medição do valor de tensão da instalação e comparar com analisador de rede;
	Inspeccionar as condições de fixação e o funcionamento de fechaduras, chaves e dobradiças;	Verificar funcionamento da aparelhagem eléctrica geral e proceder à sua limpeza;

Tabela 5.4 - Principais acções de manutenção aos equipamentos afectos à Estação elevatória

## 5.7. Descrição do processo e equipamentos de um subsistema pertencente ao SAR - Vale Douro Sul

Atendendo a que o sistema de águas residuais promovido pela AdTMAD abrange 8 Municípios da região do Vale Douro Sul, o presente estudo irá incidir sobre o SAR do Vilar.

Este sistema é composto por 21 estações elevatórias de saneamento, 2 ETAR compactas e 1 ETAR, abrangendo 3 freguesias do concelho de Moimenta da Beira e todo o concelho pertencente ao Município de Sernancelhe. De referir que as ETAR compactas, representam estações de tratamento de águas residuais que se encontram instaladas para servir pequenos aglomerados populacionais, sendo o processo de tratamento realizado por estas, concluído na ETAR do Vilar, como iremos ver mais à frente neste trabalho.

Considerando a população abrangida pelo SAR do Vilar, denota-se que este serve na maior parte do ano um total aproximado de 6 mil habitantes, respeitante à denominada época baixa. No entanto, este sistema encontra-se dimensionado para abranger um total aproximado de 10 mil habitantes, atendendo ao aumento populacional em especial na época de Verão.

Na figura seguinte, é possível observar as estações de tratamento de águas residuais que se encontram distribuídas ao longo dos Municípios que integram a região do Vale Douro Sul, onde se encontra a ETAR do Vilar, que servirá de objecto de estudo para o presente trabalho.

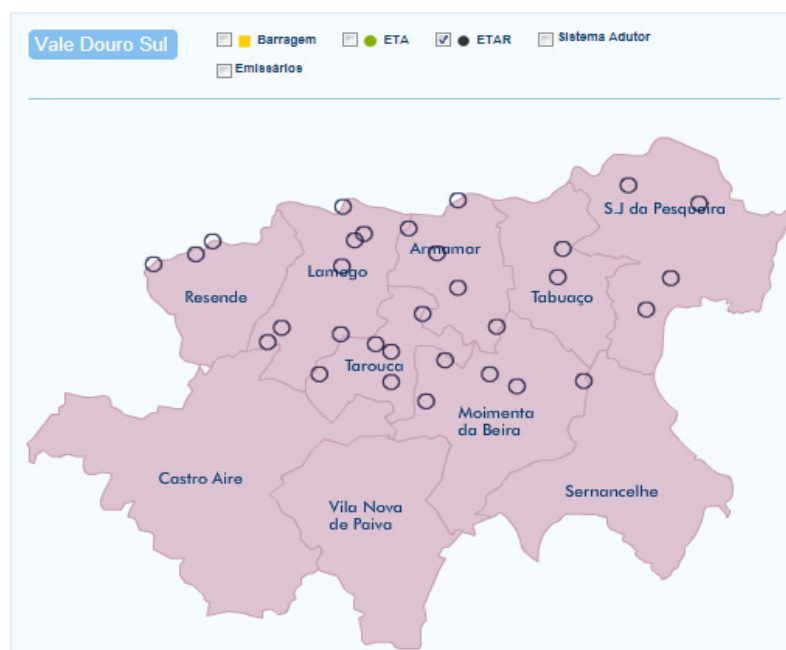


Figura 5.62 - Área de concessão da AdTMAD pertencente ao Vale Douro Sul



Antes de iniciarmos a descrição do SAR do Vilar, interessa referir que à semelhança do sistema do SAA do Vilar, o processo de recolha e tratamento de águas residuais também dispõe de um sistema de supervisão integrado, permitindo o controlo e gestão de todas as estações elevatórias e estações de tratamento afectas ao SAR do Vilar.

Por razões de logística e controlo, quer do SAA, bem como do SAR, o referido sistema de supervisão encontra-se instalado na sala de comando da ETA do Vilar.

Na figura seguinte é apresentado o sinóptico do sistema de supervisão, no qual podemos observar a rede de recolha dos efluentes residuais.

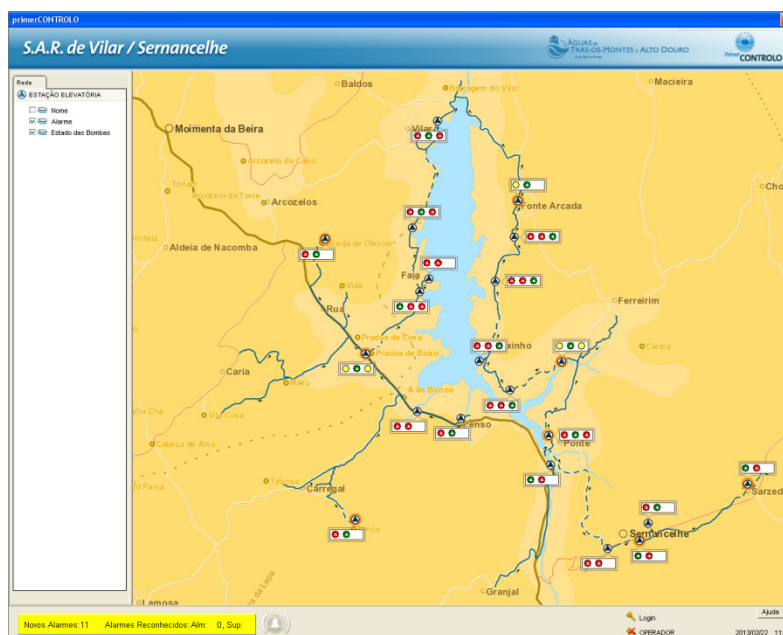


Figura 5.63 - Sinóptico de controlo e gestão do subsistema adutor do SAR do Vilar

Considerando que as etapas do processo de tratamento de águas residuais são realizadas inversamente ao processo de tratamento e abastecimento de água, serão de seguida abordadas as fases deste processo, considerando os equipamentos instalados nas etapas de drenagem/elevação, tratamento e destino final.

### 5.7.1. Drenagem e elevação

Como referido, o SAR do Vilar é composto por 21 estações elevatórias. Considerando que a diferença estrutural entre elas resulta da capacidade dos equipamentos instalados, derivado do caudal de chegada a cada estação elevatória, para o presente trabalho será descrita a estação elevatória nº 6, pertencente a este sistema de águas residuais.

Na figura seguinte, encontra-se representada a estação elevatória em estudo.



**Figura 5.64** - Instalações da estação elevatória

Esta estação elevatória encontra-se instalada na localidade de Vila da Ponte, e destina-se à recepção e elevação dos efluentes residuais recolhidos em “baixa”, na povoação de Sernancelhe e em parte da povoação de Vila da Ponte.

Na chegada à estação elevatória, as águas residuais são encaminhadas para um tanque enterrado, onde numa primeira fase, passam por um processo de filtragem com recurso a uma grade mecânica. Este processo de filtragem permite reter objectos de maior dimensão que possam danificar os equipamentos electromecânicos instalados na estação elevatória. Na figura seguinte, podemos observar o tanque de recepção dos efluentes residuais, onde se encontra uma comporta manual do tipo guilhotina e a referida grade mecânica.



**Figura 5.65** - Tanque de entrada das águas residuais na estação elevatória

De seguida, as águas residuais são encaminhadas em modo gravítico para o tanque de elevação, no qual se encontram instaladas três electrobombas que permitem elevar os efluentes residuais para a ETAR. Este grupo de electrobombas é comandado automaticamente através de bóias de nível, máximo e mínimo, que permitem o respectivo arranque e paragem do grupo de elevação pelo nível de água existente no tanque da estação elevatória. Em função do caudal de águas residuais de chegada a esta instalação, e por forma a evitar o transbordo do tanque, a estação elevatória está preparada para funcionar com uma, até três electrobombas em simultâneo. Na figura seguinte podemos observar a instalação do grupo de electrobombas associado às condutas de transporte do efluente residual e as respectivas bóias de comando da estação elevatória.



**Figura 5.66** - Instalação das electrobombas e bóias de comando na estação elevatória

De maneira a proteger os equipamentos electromecânicos instalados, do golpe de “ariete”, verifica-se que esta instalação está equipada com um RAC, associado a um compressor de ar comprimido que mantém a pressão de ar necessária ao funcionamento do reservatório, conforme apresentado nas figuras seguintes.



**Figura 5.67** - RAC e compressor de serviço à estação elevatória

Por último, no edifício de apoio à estação elevatória, encontra-se instalado o quadro eléctrico de comando e potência dos equipamentos electromecânicos, assim como, o equipamento de automação que possibilita as comunicações remotas com o sistema de supervisão.



**Figura 5.68** - Quadro eléctrico da estação elevatória



### 5.7.2. Tratamento de águas residuais em ETAR

A ETAR do Vilar, responsável pelo tratamento dos efluentes residuais do subsistema em estudo, encontra-se localizada a jusante da barragem do Vilar, estrategicamente na margem sul do rio Távora. Esta estação de tratamento está preparada para tratar 2,17 metros cúbicos de águas residuais por dia, compreendendo operações em duas linhas instaladas em paralelo.

Resultante do sobredimensionamento da capacidade de tratamento instalada, verifica-se que esta instalação pode funcionar com uma, ou com as duas linhas em simultâneo. Tal como já referido, o processo de tratamento de águas residuais nesta instalação é compreendido em duas fases, ou seja, a fase líquida e a fase sólida.

Considerando a fase líquida, que respeita ao tratamento dos efluentes residuais líquidos, verifica-se que esta é constituída pelas seguintes etapas: tratamento preliminar/gradagem, tratamento biológico e decantação secundária. Após o tratamento preconizado por esta fase do processo, os efluentes são descarregados no rio Távora em condições de assegurar o cumprimento das normas ambientais, assim como, a protecção do meio hídrico receptor. Como forma de reutilizar a água tratada resultante da fase líquida, verifica-se que esta pode ainda ser utilizada na ETAR como água de serviço, nomeadamente para limpezas e rega de espaços verdes.

Referente à fase sólida, que respeita ao tratamento das lamas em excesso resultantes da fase líquida, provenientes das etapas do tratamento biológico e decantação secundária, verifica-se que esta é realizada por duas etapas de tratamento, sendo estas: o espessamento gravítico e a desidratação centrífuga. No final da fase sólida, as lamas espessadas são transportadas para valorização agrícola, onde são utilizadas como fertilizante orgânico.

Na figura seguinte podemos observar a instalação da ETAR do Vilar.



**Figura 5.69** - Instalação geral da ETAR

À semelhança do processo de tratamento realizado na ETA do Vilar, os processos de tratamento de águas residuais desenvolvidos na ETAR, podem ser realizados por um de três modos de funcionamento, ou seja: comando manual, comando local remoto e automático remoto. No entanto, verifica-se que por norma, o funcionamento da ETAR é realizado em modo automático remoto. Para o efeito, encontra-se instalado na sala de comando dentro do edifício de operação e apoio à instalação, o sistema de controlo e gestão funcional da ETAR, respeitante às duas fases do processo de tratamento de águas residuais, anteriormente mencionados.

Na figura seguinte encontra-se representado o sinóptico dos processos de tratamento realizados na ETAR.

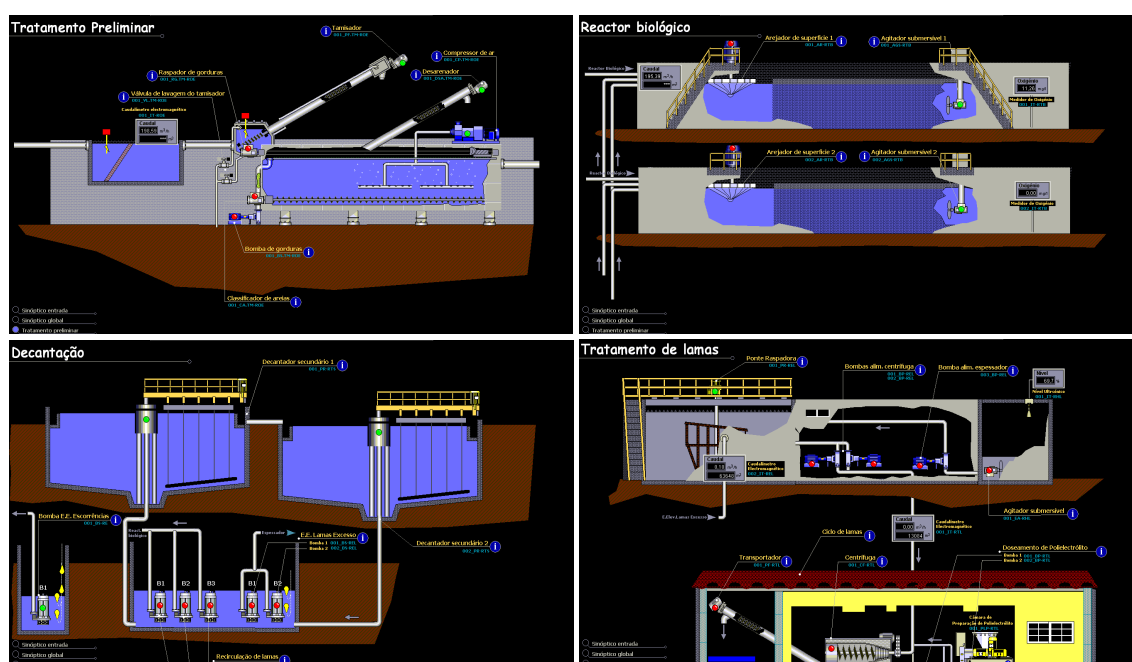


Figura 5.70 - Sinóptico do sistema de gestão e controlo da ETAR

Ainda no interior do edifício de apoio à ETAR, encontra-se instalado o quadro eléctrico que permite o comando e potência a todos os equipamentos electromecânicos instalados nesta estação de tratamento.



**Figura 5.71** - Quadro eléctrico de comando e potência da ETAR

Passamos de seguida a descrever as etapas e equipamentos instalados em cada uma das fases de tratamento das águas residuais, realizados na ETAR do Vilar.

#### **5.7.2.1. Tratamento preliminar / gradagem**

A fase líquida do processo de tratamento é iniciada pela recepção das águas residuais num tanque de entrada na ETAR através de uma conduta colectora, na qual se juntam todos os efluentes residuais do subsistema. O tanque de recepção de águas residuais é constituído por uma grade mecânica que permite reter os objectos de maior volume que circulam juntamente com as águas residuais, possibilitando a protecção dos equipamentos instalados a jusante na ETAR. No tanque de recepção das águas residuais, imediatamente a seguir à grade mecânica, encontra-se instalado um sensor de nível ultra-sónico, localizado sobre um canal do tipo “Parshall”, que regista o caudal de efluente à entrada da estação de tratamento. Este equipamento de medição de nível permite ainda controlar vários equipamentos distribuídos pela instalação, nomeadamente, as electrobombas de recirculação de lamas biológicas e o sistema de filtração e desinfecção do processo de tratamento.

Nas figuras seguintes podemos observar o tanque de recepção do efluente residual, com a instalação da grade mecânica e o canal “Parshall”, onde se encontra instalado o referido sensor ultra-sónico.

Verifica-se que neste tanque, são ainda reintroduzidas as águas resultantes das escorrências das operações de espessamento e desidratação, desencadeadas na fase sólida, assim como as águas residuais produzidas no interior da ETAR.



**Figura 5.72** - Tanque de entrada dos efluentes residuais, com representação dos equipamentos instalados

Após esta etapa, as águas residuais são encaminhadas por gravidade para a fase de tratamento mecânico. Este tratamento é desencadeado numa estação compacta constituída por vários processos que combinam as operações de gradagem fina, remoção de areias e remoção de óleos e gorduras da água. Esta unidade compacta é autónoma no processo de tratamento, sendo o seu funcionamento controlado através do volume de águas residuais de chegada à instalação. Desta forma, a estação compacta possuiu um quadro eléctrico independente, que permite o funcionamento e protecção dos equipamentos aqui instalados.

À entrada da estação compacta, as águas residuais atravessam a zona de filtragem, sendo esta realizada por um tamisador. Este equipamento é formado por uma malha fina que permite reter os materiais sobrenadantes, ou em suspensão na água, que serão encaminhados por um parafuso sem-fim, accionado por um motor eléctrico. Este parafuso sem-fim permite a compactação e consequente transporte destes resíduos para fora da estação, depositando-os num contentor de armazenamento existente para o efeito.

Por forma a evitar o desgaste prematuro dos equipamentos electromecânicos, provocado pela acumulação de areias no fundo do tanque, encontra-se instalado nesta estação um desarenador em linha com o tamisador. Este desarenador é constituído por um parafuso sem-fim, accionado por um motor eléctrico que se encarrega de transportar as areias mais densas para um contentor situado fora da estação compacta. Para auxiliar este processo, na parte inferior da estação compacta está instalado outro parafuso sem-fim transportador, com a função de conduzir em contra processo as areias para o desarenador.

A remoção dos óleos e gorduras sobrenadantes é realizada por uma lâmina raspadora de superfície que encaminha estes resíduos em modo gravítico para um reservatório de armazenamento. Afim de auxiliar o processo de remoção de gorduras, a estação compacta dispõe um compressor de ar comprimido, com o qual é possível injectar ar no fundo do tanque, permitindo a flutuação das gorduras que serão removidas pela lâmina raspadora.



A partir do reservatório de armazenamento, as gorduras são elevadas por meio de uma electrobomba de rotor excêntrico para a entrada da estação, onde são misturadas e descarregadas para um contentor, conjuntamente com os gradados removidos pelo tamisador e pelo desarenador.

Na figura seguinte, encontra-se respectivamente representada a estação compacta, onde é possível observar alguns dos equipamentos que constituem esta unidade, tais como: o tamisador, o desarenador, a electrobomba de lamas, o compressor de ar comprimido, o motor eléctrico de accionamento da ponte raspadora e o motor eléctrico acoplado ao parafuso sem-fim situado na parte inferior desta estação.



**Figura 5.73** - Unidade compacta de tratamento preliminar

### 5.7.2.2. Tratamento biológico

Após o tratamento preliminar, as águas residuais são conduzidas para o tratamento biológico. Esta etapa de tratamento é realizada em dois tanques dispostos em paralelo, onde os efluentes residuais são sujeitos a um tratamento em retenção, segundo um sistema de lamas activadas. Cada tanque de tratamento dispõe de 39 metros de comprimento e 6 metros de largura, com capacidade de reter e tratar 1300 metros cúbicos de efluente residual.

Para possibilitar este processo de tratamento, verifica-se que cada reactor biológico está equipado com dois arejadores de superfície compostos por um motor eléctrico acoplado a uma turbina de agitação submersa, que efectua a recirculação das águas residuais dentro dos mesmos. Através desta recirculação, é possível criar zonas alternadamente providas de oxigénio e deficientes em oxigénio, com o fundamento de tratar a biomassa que compõe as águas residuais. Além dos arejadores de superfície, encontram-se instalados em cada um dos tanques biológicos dois agitadores submersos, compostos por um motor eléctrico acoplado a uma turbina, que asseguram a agitação do efluente como forma de garantir a manutenção da biomassa em suspensão.

Quer para os arejadores de superfície, como para os agitadores de fundo, é possível variar a velocidade de funcionamento através de variadores de frequência, sendo estes comandados automaticamente pela variação de caudal de entrada na estação de tratamento.

Nas figuras seguintes, podemos observar os tanques de tratamento biológico, assim como os arejadores de superfície, a instalação dos agitadores submersíveis, a sonda, e o medidor de oxigénio afectos a este processo.



**Figura 5.74** - Tanque de tratamento biológico com representação dos equipamentos afectos ao processo

### **5.7.2.3. Decantação secundária**

Nesta etapa, os efluentes residuais provenientes do tratamento biológico são encaminhados em modo gravítico para os tanques de decantação secundária, através de um tubo deflector que descarrega o efluente na parte central de cada decantador. O fundamento prático desta etapa resume-se na separação da biomassa proveniente da etapa de tratamento anterior, e pela extracção de lamas e efluente tratado para os processos subsequentes.

Para este efeito, a instalação dispõe de dois decantadores secundários instalados em paralelo. Cada um dos decantadores secundários está equipado com uma ponte raspadora de fundo e de superfície, que permite auxiliar o processo de sedimentação das lamas, encaminhando-as para o respectivo tanque de armazenamento. O funcionamento das pontes raspadoras é conseguido através de um redutor mecânico acoplado a um motor eléctrico, sendo este accionado por um variador de frequência que permite controlar a velocidade de cada ponte raspadora. As lamas acumuladas no fundo dos decantadores são encaminhadas para o tanque da estação elevatória, sendo este, composto por duas electrobombas submersíveis que transportam as lamas para o tanque de espessamento gravítico, integrando a fase sólida.

O efluente tratado resultante deste processo de tratamento é recepcionado numa caleira existente em todo o perímetro dos decantadores, sendo posteriormente conduzido em modo gravítico para a descarga final no meio receptor. As escorrências das lamas provenientes dos decantadores secundários são elevadas para o tanque de tratamento biológico, com recurso a três electrobombas submersíveis, iniciando novamente o processo de tratamento nesta etapa.

Nas figuras seguintes podemos observar em pormenor um dos dois decantadores secundários, com representação da ponte raspadora e a caleira de descarga do efluente tratado, em condições biológicas de ser conduzido em modo gravítico para o meio receptor, ou seja, o rio Távora.





**Figura 5.75** - Decantador secundário



**Figura 5.76** - Descarga do efluente tratado para o rio Távora

Como forma de garantir a qualidade necessária do efluente residual tratado e a consequente preservação do meio receptor, a AdTMAD tem instalado um laboratório na ETAR, onde periodicamente são realizadas análises às amostras do efluente tratado.



**Figura 5.77** - Laboratório de análises instalado na ETAR do Vilar

#### **5.7.2.4. Tratamento de lamas**

Nesta etapa do processo, verifica-se que as lamas provenientes das ETAR compactas, associadas ao subsistema de águas residuais do Vilar, são descarregadas por meio de transporte rodoviário no tanque de recepção de lamas existente na ETAR do Vilar, com o fundamento de integrarem a fase sólida e consequentemente concluírem o processo de tratamento.

No tanque de recepção de lamas, encontra-se instalado um agitador submersível que permite a total homogeneização da matéria orgânica aqui depositada, sendo esta extraída para o tanque de espessamento gravítico através de uma electrobomba de rotor excêntrico.

Desta forma, as lamas provenientes das ETAR compactas e dos decantadores secundários, são compactadas por gravidade num decantador gravítico, sendo este composto por uma ponte raspadora motorizada que auxilia este processo. A extracção das lamas espessadas no decantador gravítico é realizada através de duas electrobombas de rotor excêntrico, que as conduzem para a unidade de desidratação de lamas. O efluente líquido que resulta do processo realizado no decantador gravítico é conduzido para descarga no meio receptor, através de uma caleira existente em todo o perímetro do mesmo.

Nas figuras seguintes encontram-se respectivamente representados, o decantador gravítico, o motor eléctrico acoplado à ponte raspadora e as electrobombas responsáveis pelo transporte das lamas à unidade de desidratação.



**Figura 5.78** - Decantador gravítico e respectivos equipamentos instalados

Nesta etapa do processo, encontra-se instalado um conversor de caudal electrónico que permite registar a quantidade de lamas desidratadas e tratadas na instalação.

O processo de desidratação mecânica das lamas é efectuado por meio de uma unidade de centrifugação, semelhante à utilizada na fase sólida do processo de tratamento de lamas desenvolvido na ETA do Vilar. Esta unidade de centrifugação é autónoma, encontrando-se o seu funcionamento, completamente integrado no processo de tratamento da ETAR. Para auxiliar o processo de desidratação de lamas, verifica-se que esta instalação de tratamento dispõe de uma unidade de preparação de polímero, sendo o seu funcionamento controlado pela unidade centrífuga.

Nas figuras seguintes encontram-se respectivamente representadas, a unidade de centrifugação e a unidade de preparação de polímero, com os respectivos motores agitadores de preparação deste produto químico e as electrobombas responsáveis pela sua adição na unidade centrífuga.





**Figura 5.79** - Unidade centrífuga de desidratação de lamas



**Figura 5.80** - Unidade de preparação e transporte do polímero

Após a etapa de desidratação, as lamas são conduzidas para um contentor de armazenamento, através de um parafuso sem-fim acoplado a um moto-redutor eléctrico.

Considerando as escorrências resultantes da unidade centrífuga, verifica-se que estas são encaminhadas em modo gravítico para o poço de escorrências, sendo posteriormente elevadas por meio de uma electrobomba para o tanque de tratamento biológico, iniciando novamente o processo de tratamento.

Na figura seguinte, podemos observar o parafuso sem-fim que se encarrega de transportar as lamas provenientes da unidade centrífuga para o respectivo contentor de armazenamento, sendo estas, posteriormente transportadas para a valorização de terrenos agrícolas da região.



**Figura 5.81** - Equipamento de transporte de lamas da unidade centrífuga para o contentor

### **5.7.3. Considerações finais do SAR do Vilar**

Atendendo especificamente ao processo de tratamento dos efluentes residuais, realizado na ETAR, verifica-se a presença nesta instalação de um número inferior de equipamentos electromecânicos quando comparado com o processo de tratamento em ETA.

Este facto, deriva essencialmente do processo de tratamento realizado na ETAR ser biológico, ou seja, não carece da utilização de equipamento para preparação e adição de reagentes. Além do exposto, verifica-se que a disposição dos órgãos de tratamento na fase líquida deste processo permite o transporte do efluente residual em modo gravítico, pelo que não carece da instalação de electrobombas de elevação e demais equipamentos electromecânicos associados.

Tais factos permitiram à empresa reduzir custos com a aquisição de equipamentos no acto da sua instalação, bem como, a consequente redução de custos com a manutenção e energia eléctrica consumida por estes. No entanto, também aqui se denota, em quase todas as fases do processo de tratamento, a duplicação dos equipamentos instalados. Esta prática permite assegurar à empresa o cumprimento dos seus objectivos no que respeita à preservação do meio ambiente, assegurando as características microbiológicas da água descarregada no meio receptor.

À semelhança do SAA do Vilar, também no sistema de tratamento de águas residuais, as tarefas de manutenção realizadas pela operação e pela manutenção assumem um papel de extrema importância na conservação e reabilitação dos equipamentos instalados, contribuindo para a sustentabilidade da empresa, assim como para que esta possa alcançar os objectivos propostos com este serviço.



Como consequência da disponibilidade do sector operativo, resultante da instalação de processos de tratamento e controlo automático no SAR, denota-se que a empresa incute nos seus Operadores produtivos uma cultura pró-activa, respeitante à manutenção, na medida em que promove incessantemente as tarefas de manutenção como parte integrante e indissociáveis das rotinas diárias destes. Neste âmbito, denota-se que esta cultura adoptada pela empresa favorece o desempenho e disponibilidade dos equipamentos instalados e consequentemente das relações laborais entre os sectores operativos e da manutenção.

Também aqui, devido à relevância e importância para o tema em estudo, passamos de seguida a apresentar as principais acções de manutenção realizadas aos equipamentos anteriormente descritos, e afectos ao subsistema de tratamento de águas residuais do Vilar.

Instalação - Estação elevatória		
EQUIPAMENTO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA OPERAÇÃO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA MANUTENÇÃO
Válvula de comporta mural e válvulas de cunha	Proceder à abertura e fecho das válvulas de cunha de forma a constatar o bom funcionamento das mesmas;	Comprovar o estado das juntas, substituindo-as em caso de deterioração ou desgaste.
	Verificar se existem objectos ou detritos que possam impedir o fecho total da válvula;	Verificar estado das válvulas, efectuando apertos, pinturas e marcações.
	Lubrificar o fuso da válvula com massa lubrificante;	Desmontar a válvula e verificar estado dos vedantes e efectuar a troca se necessário.
		Ajustar empanque se necessário ou substituir;
Válvula Retenção	Verificar se existem objectos ou detritos que possam impedir o fecho total da válvula, observando o curso do braço do contrapeso;	Verificar estado de funcionamento e conservação da válvula, efectuando reapertos, pinturas e marcações;
	Verificar o estado das juntas e vedação e verificar a existência de ruídos ou batimentos anormais;	Proceder à desmontagem da válvula e verificar desgaste, procedendo à reparação;
RAC	Verificar funcionamento estando atento a fugas, ruídos, vibrações e fixações;	Verificar o estado da estrutura, estando atento a fugas e possíveis corrosões;
	Efectuar a purga de ar do reservatório e realizar a limpeza do mesmo;	Verificar o bom funcionamento dos manómetros e válvulas, verificar a pressão de ar comprimido, repor se necessário ou efectuar a troca da membrana.
		Reapertar parafusos de fixação e uniões roscadas;

<b>Bombas submersíveis</b>	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos e ou vibrações anormais;	Verificar nível de óleo de lubrificação, substituir caso necessário;
	Verificar todos os dispositivos de elevação, correntes, manilhas, guias e suporte de elevação e verificar válvulas tubagens e outros acessórios;	Medir isolamento eléctrico do motor e registar consumos do mesmo.
	Verificar o funcionamento do comando dado pelas bóias e proceder à limpeza das mesmas;	Verificar estado do impulsor e voluta - analisar desgaste e a folga entre ambos.
<b>Compressor de ar comprimido</b>	Verificar o bom funcionamento do equipamento, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e vibrações anormais;	Verificar nível de óleo de lubrificação, substituir caso necessário;
		Proceder a eventuais fugas de ar e óleo no equipamento;
	Descarregar os condensados do reservatório de ar e verificar eventuais fugas de óleo e ar comprimido;	Verificar o estado do filtro do ar, proceder à sua limpeza e substituir quando necessário;
		Limpar o radiador de arrefecimento com recurso a ar comprimido
		Verificar o funcionamento do pressostato;
<b>Ventiladores axiais</b>	Verificar o funcionamento, estando atento a ruídos e vibrações anormais;	Proceder ao aperto dos elementos de fixação da turbina do ventilador e da grelha.
		Efectuar troca de rolamentos, quando necessário.
<b>Quadro eléctrico</b>	Verificar o correcto funcionamento da iluminação em geral e da iluminação exterior;	Efectuar a medição dos valores de tensão e consumo dos equipamentos da instalação;
	Verificar o estado de conservação dos vários aparelhos eléctricos, luminárias, interruptores, tomadas;	Verificar estado de conservação e funcionamento de lâmpadas sinalizadoras, betoneiras de comando, betoneiras de pressão, efectuando a troca quando necessário;
	Verificar a existência de ruídos anormais, crepitações e vibrações, antes de desligar e depois de ligar o quadro eléctrico;	Efectuar o aperto dos bornes de ligação, contactores, relés e de todos os órgãos do quadro eléctrico.
	Verificar o correcto funcionamento da aparelhagem de medida instalados nos quadros eléctricos;	Verificar funcionamento dos disjuntores, diferenciais, térmicos e constituintes eléctricos instalados;
	Verificar disparos, alarmes e existência de equipamento queimado;	Verificar o funcionamento da resistência de anti condensação e ventilação;

**Tabela 5.5** - Principais acções de manutenção associadas aos equipamentos afectos à estação elevatória

Instalação - ETAR do Vilar		
EQUIPAMENTO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA OPERAÇÃO	ACÇÕES DE MANUTENÇÃO REALIZADAS PELO SECTOR DA MANUTENÇÃO
Obra de Entrada e estação compacta	Verificar o nível de óleo da caixa moto reductora e da caixa de engrenagens do raspador de gorduras, verificar o contacto dos raspadores na rampa de descarga;	Verificar o estado e nível de óleo dos vários componentes, repor ou efectuar a troca caso necessário;
	Limpar os bicos difusores de lavagem, o cesto tamizador e a sonda de nível;	Lubrificar rolamentos e chumaceiras associadas ao equipamento;
	Lubrificar chumaceiras e rolamentos;	Medir isolamento eléctrico dos motores e registar consumos;
	Verificar desgaste das escovas de limpeza;	Verificar nível de óleo nas caixas reductores, substituir caso necessário;
	Proceder à limpeza geral do equipamento;	Inspeccionar estado de fixação do equipamento em geral e verificar o estado da pintura, beneficiar caso necessário;
	Verificar o bom funcionamento da electrobomba de elevação das lamas, com atenção para possíveis escorrências indevidas da mesma;	Efectuar a troca de peças de desgaste, tais como rolamentos, segmentos, o 'rings de vedação;
	Verificar o bom funcionamento do compressor, com atenção para possíveis ruídos, vibrações ou aquecimentos anormais; Proceder à limpeza do equipamento;	Verificar estado das lâminas raspadoras e contacto dos raspadores na rampa de descarga, substituir caso necessário;
	Verificar o funcionamento do medidor de nível ultra-sónico através da leitura de medição apresentada no display do controlador do mesmo; Efectuar a limpeza do equipamento;	Verificar estado e tensão das correias e substituir quando necessário;
	Proceder à abertura e fecho das válvulas de cunha de forma a constatar o bom funcionamento das mesmas;	Verificar estado da válvula de descarga, efectuando ajustes;
	Verificar a estanquicidade das juntas de vedação/acoplamento da válvula, efectuando uma limpeza geral ao equipamento;	Verificar estado, do acoplamento / alinhamento / empenos ou desgaste do sem-fim e das escovas de limpeza, substituir se necessário;
Tratamento biológico	Verificar o bom funcionamento do arejador de superfície, estando atento a níveis de ruídos, vibrações ou aquecimentos anormais;	Verificar o estado e nível do óleo, repor ou efectuar a troca se necessário;
	Verificar o bom funcionamento da turbina/rotor, verificar o nível do óleo de lubrificação, estando atento a eventuais fugas;	Medir isolamento eléctrico dos motores e registar consumos;
	Verificar o bom funcionamento do agitador submersível, estando atento a níveis de ruídos e ou vibrações anormais;	Verificar estado do arejador, com atenção à turbina e pás, substituir caso necessário;
	Limpar os cabos de elevação e alimentação do motor;	Efectuar a troca de peças de desgaste, tais como: rolamentos, empanque, elementos de vedação;
	Verificar todos os dispositivos de elevação, correntes, manilhas, guias e suporte de elevação;	Verificar o estado do acoplamento e entrada do cabo de alimentação ao agitador.

<b>Decantadores secundários</b>	Verificar o estado de fixação da estrutura em geral;	Verificar estado das rodas e rolamentos da ponte raspadora, substituir caso necessário
	Verificar o alinhamento do veio, estando atento a possíveis empenos ou desgaste;	Verificar o nível do óleo, repor ou efectuar a troca quando necessário.
	Verificar o desgaste das rodas e dos raspadores de superfície;	Verificar estado do empanque ajustando e se necessário substituir.
	Verificar o nível do óleo de lubrificação do moto-reductor, estando atento a eventuais fugas;	Medir isolamento eléctrico do motor e registar consumos.
	Lubrificar rolamentos e chumaceiras;	Verificação estanquicidade do estator e rotor, substituir caso necessário;
	Verificar o bom funcionamento das electrobombas de elevação de lamas e escorrências, estando atento a níveis de ruídos e ou vibrações anormais;	Verificar a tubagem, guias, corrente de elevação e efectuar a reparação dos pontos danificados;
	Verificar todos os dispositivos de elevação das electrobombas e verificar as válvulas, tubagens e demais acessórios;	Efectuar a verificação e reaperto dos parafusos, estrutura e fixação;
	Verificar o funcionamento do comando dado pelas bóias e/ou sondas de nível e proceder à limpeza das mesmas;	Esvaziar o tanque, verificar o estado das borrachas de arrasto, substituir quando necessário;
<b>Tratamento de lamas</b>	Verificar o bom funcionamento das electrobombas de lamas, de veio excêntrico, com atenção para possíveis escorrências indesejáveis	Ajustar a fixação do desagregador do doseador do reagente e respectivas tubagens;
	Verificar o funcionamento dos medidores de Caudal através da leitura de medição apresentada no display do controlador do mesmo;	Verificar funcionamento dos sensores, substituir caso necessário;
	Verificar o bom funcionamento da unidade de preparação de polímero, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e vibrações anormais;	Lubrificar rolamentos e chumaceiras.
	Verificar anomalias nas válvulas, tubagens e outros acessórios;	Verificar nível de óleo do reductor e substituir quando necessário;
	Verificar o bom funcionamento da sonda de nível e parafuso doseador da unidade de preparação de polímero.	Medir isolamento eléctrico do motor e registar consumos;
	Verificar eventuais fugas de do óleo lubrificante das caixas de engrenagens e variadores de velocidade;	Lubrificar chumaceiras e rolamentos;
	Verificar o bom funcionamento da unidade de centrifugação, estando atento a níveis de ruídos, aquecimentos e vibrações anormais;	Controlar o estado de tensão e alinhamento das correias dos motores, substituir quando necessário;
	Lubrificar rolamentos, veios e grasser's;	Verificar estado dos casquilhos de saída de sólidos, reapertar ou substituir;
	Verificar a existência de anomalias em válvulas, tubagens e outros acessórios;	Verificar a existência de anomalias em válvulas, tubagens e restantes acessórios;

<b>Quadros e instalações eléctricas</b>	Verificar o correcto funcionamento da iluminação interior e exterior;	Efectuar a limpeza geral do quadro eléctrico;
	Verificar o estado de conservação dos vários aparelhos eléctricos, luminárias, interruptores, tomadas;	Efectuar a medição dos valores de tensão da instalação, proceder ao seu registo;
	Verificar a existência de ruídos anormais, crepitações e vibrações, antes de desligar e depois de ligar o quadro eléctrico;	Efectuar a troca de lâmpadas no quadro eléctrico e restante instalação;
	Verificar o correcto funcionamento da aparelhagem de medida instalados nos quadros eléctricos;	Efectuar a verificação de funcionamento de betoneiras e comutadores de comando, proceder à substituição quando necessário;
	Verificar disparos, alarmes e existência de equipamento queimado;	Efectuar o aperto dos bornes de ligação da aparelhagem instalada no quadro eléctrico;
	Realizar o teste de lâmpadas sinalizadoras;	Verificar funcionamento dos disjuntores, diferenciais, térmicos, proceder à troca quando necessário.
	Inspeccionar as condições de fixação e o funcionamento de fechaduras, chaves e dobradiças;	

**Tabela 5.6** - Principais acções de manutenção associadas aos equipamentos afectos à ETAR

## 5.8. Indicadores de desempenho no sector da manutenção

O sucesso de qualquer empresa ou organização depende da correcta e rigorosa definição de indicadores da sua actividade, na medida em que estes permitem o retorno de informações confiáveis sobre o desempenho dos seus sectores ou processos, permitindo a adopção de um conjunto de medidas correctivas que conduzam à concretização dos objectivos propostos.

Atendendo ao exposto, verifica-se que a AdTMAD tem implementado na sua organização, um conjunto de indicadores de medição de desempenho para o sector da manutenção, com os quais reúne informações sobre a actividade do sector, por forma a controlar e otimizar os seus processos, equipamentos e custos associados à actividade da manutenção. Por conseguinte, verifica-se que a empresa considera que a medição do desempenho possibilita o retorno de informação sobre a performance dos seus colaboradores e respectiva actividade, usando estes, como uma ferramenta de motivação, impulsionando as decisões e forma de actuar dos seus recursos humanos.

Desta forma passamos de seguida a apresentar os indicadores de desempenho da actividade da manutenção nos processos SAA e SAR do subsistema do Vale Douro Sul, referentes ao ano de 2012, com os quais a AdTMAD avalia o sector da manutenção:

- i) Taxa de resposta às avarias segundo o grau de prioridade;
- ii) Taxa global de avarias no SAA e SAR;
- iii) Tempo médio de reparação de avarias;
- iv) Índice de mão-de-obra preventiva no SAA e SAR;
- v) Índice de mão-de-obra correctiva no SAA e SAR.

De seguida passamos a analisar sucintamente cada um dos indicadores referidos.

- i) Taxa de resposta às avarias segundo o grau de prioridade.

Este indicador permite à empresa medir a eficácia de resposta às solicitações de manutenção, segundo a urgência estipulada para cada ordem de trabalho, sendo este obtido pela seguinte fórmula:

$$\text{Taxa de resposta às avarias} = \frac{\text{Nº de intervenções realizadas dentro de prazo}}{\text{Total de pedidos por grau de prioridade}} \times 100$$

Na tabela seguinte, são apresentados os resultados da actividade de manutenção, referente a este indicador:

Taxa de resposta às avarias segundo grau de prioridade					
SAA			SAR		
Grau de prioridade	Nº de intervenções	%	Grau de prioridade	Nº de intervenções	%
"5" - imediato	28	81	"5" - imediato	6	75
"4" - 2 dias	25	79	"4" - 2 dias	5	73
"3" - 7 dias	48	85	"3" - 7 dias	13	77
"2" - 15 dias	23	88	"2" - 15 dias	15	82
"1" - > 30 dias	12	92	"1" - > 30 dias	2	88

**Tabela 5.7** - Percentagem de avarias atendidas dentro do prazo para intervenção

Pela análise aos resultados obtidos com este indicador, facilmente podemos concluir que o sector de manutenção no ano a que este se refere, direccionou as suas prioridades de actuação para o SAA em detrimento do SAR, como seria expectável. No entanto, em ambos os sistemas de actuação, verifica-se que o tempo de resposta por parte do sector da manutenção fica aquém do esperado. Tal facto pode ser justificado pelo número deficitário de equipas técnicas que permitam responder com prontidão às solicitações de maior urgência, mas acima de tudo, verifica-se a falta de disponibilidade atempada de materiais de substituição que permitam a célere conclusão das acções de manutenção correctiva em curso.

Considerando o exposto, e como medida de melhoria directa sobre o presente indicador, propõe-se a descentralização ou reformulação da actividade do sector de compras, nomeadamente, com a adopção de parcerias comerciais com agentes próximos das instalações produtivas da empresa, com as quais poderia reduzir, o tempo de aquisição de materiais, a sua disponibilidade e consequentemente das intervenções em curso.

ii) Taxa global de avarias no SAA e SAR

Este indicador é medido pelo número total de avarias em cada sistema de actividade, dividido pelo tempo total de operação de cada instalação. Considerando o vasto número de instalações da empresa, este indicador é baseado sobre os resultados obtidos nas suas instalações principais, ou seja, ETA's e ETAR's.

$$\text{Taxa global de avarias} = \frac{\text{Tempo de paragem da instalação por avaria}}{\text{Tempo total de produção/operação da instalação}} \times 100$$

Tendo obtido no período referido, os seguintes resultados:

SAA	SAR
3,28%	0,59%

Os resultados deste indicador revelam um tempo improdutivo superior das instalações afectas ao sistema de tratamento de águas comparativamente às instalações do sistema de águas residuais. Este facto, deriva essencialmente da maior complexidade dos processos produtivos affectos ao SAA, do que aqueles que fazem parte do SAR, assim como, da responsabilidade quantitativa e qualitativa associada a cada um dos processos da actividade.

Perante este indicador, verifica-se que a empresa não utiliza parâmetros de referência que permitam comparar o desempenho evolutivo ou recessivo da sua actividade. Desta forma, propõe-se, com base no histórico anual existente na empresa, a adopção de um valor máximo de referência para este indicador, com o objectivo, de poderem ser tomadas medidas que conduzam ao aumento da disponibilidade produtiva das instalações.

*iii)* Tempo médio de reparação de avarias.

Este indicador traduz o tempo médio entre o pedido da manutenção correctiva e o fecho da ordem de trabalho, sendo este medido pelo total de horas de trabalho dos técnicos de manutenção, e pelo número de intervenções de manutenção correctiva.

De seguida é apresentada a fórmula de cálculo deste indicador, e o tempo médio obtido na resolução de cada avaria:

$$\text{Tempo médio de reparação de avarias} = \frac{\text{Total de h. trabalho dos técnicos de manutenção}}{\text{Nº de intervenções correctivas}}$$

---

SAA + SAR

---

---

7 horas

---

Com base na fórmula de cálculo deste indicador, denota-se que o resultado obtido é influenciado pelo tempo improdutivo dos técnicos de manutenção, nomeadamente com o tempo com deslocações e o tempo de espera com a disponibilidade de materiais para as respectivas intervenções. Como forma de a empresa poder avaliar o desempenho e produtividade dos seus colaboradores, seria conveniente que adopta-se um indicador que permita dissociar os referidos factores externos que condicionam a actividade de manutenção. Para o efeito, propõe-se a adopção do seguinte indicador:

$$\text{Produtividade dos técnicos de manutenção} = \frac{\text{Horas de trabalho efectivo}}{\text{Total de horas de trabalho disponíveis}} \times 100$$



iv) Índice de mão de obra preventiva no SAA e SAR.

Este indicador reflecte a percentagem de tempo gasto com a manutenção preventiva no sistema de abastecimento de água e sistema de águas residuais, quando comparado com o total de horas despendidas com a manutenção.

$$\text{Índice de mão de obra preventiva} = \frac{\text{Nº de horas de man. preventiva (SAA ou SAR)}}{\text{Total de horas de manutenção}} \times 100$$

SAA	SAR
35%	19%

v) Índice de mão de obra correctiva no SAA e SAR.

Este indicador reflecte a percentagem de tempo gasto com a manutenção correctiva no sistema de abastecimento de água e sistema de águas residuais, quando comparado com o total de horas despendidas com a manutenção.

$$\text{Índice de mão de obra correctiva} = \frac{\text{Nº de horas de man. correctiva (SAA ou SAR)}}{\text{Total de horas de manutenção}} \times 100$$

SAA	SAR
31%	15%

Se compararmos os resultados obtidos com os dois últimos indicadores apresentados, verifica-se um equilíbrio no tempo despendido entre a actividade de manutenção correctiva com a actividade de manutenção preventiva. De todos os resultados obtidos com os indicadores apresentados, talvez estes sejam os que merecem a maior preocupação e reflexão por parte da empresa. Considera-se que deverão ser tomadas medidas que induzam ao aumento do tempo gasto com tarefas de manutenção preventiva em detrimento de acções de manutenção correctiva, que permitam diminuir os custos incorridos com este serviço.

Como acção de melhoria, propõe-se que o sector da manutenção faça uma avaliação exaustiva a todas as ordens de trabalho de manutenção correctiva de forma a identificar os focos e equipamentos de maior problema e paralelamente proceda a uma revisão dos planos de manutenção preventiva, associados a estes.

De um modo geral, verifica-se que os indicadores adoptados pela empresa, reflectem única e exclusivamente o desempenho da actividade associada à execução das tarefas de manutenção.

Atendendo a que os resultados obtidos com a execução das acções de manutenção dependem e são influenciados directamente pelo desempenho geral do sector, nomeadamente, com tarefas associadas à identificação do trabalho a realizar e consequente planeamento da actividade, seria extremamente importante que a AdTMAD adopta-se na sua organização indicadores para estas responsabilidades. Pensa-se que com esta medida, poderiam ser identificadas e implementadas acções de melhoria sobre estas funções específicas, que eventualmente possam condicionar o desempenho e resultados obtidos com as acções de manutenção realizadas.

Desta forma propõe-se a implementação dos seguintes indicadores para o sector da manutenção;

Para a identificação do trabalho a executar:

- i) Percentagem de trabalho associado a acções de manutenção preditiva;
- ii) Percentagem de horas despendidas no diagnóstico das intervenções;
- iii) Percentagem de trabalho com acções de manutenção de melhoria;

Para a gestão e planeamento da actividade de manutenção:

- i) Percentagem de trabalhos de manutenção efectuados com planeamento;
- ii) Percentagem de pedidos de manutenção que requerem retrabalho devido ao planeamento;
- iii) Percentagem de trabalhos pendentes a aguardar resposta do planeamento;
- iv) Total de horas de manutenção realizadas com mão-de-obra programada;
- v) Percentagem de ordens de serviço atrasadas devido a falta de materiais ou mão-de-obra;
- vi) Tempo médio de programação dos trabalhos em função do nível de urgência da acção.

Para além do exposto, verifica-se que a empresa não dispõe de indicadores que permitam medir a eficácia dos custos de manutenção. Considerando que a implementação deste tipo de indicadores é fundamental para a organização, não apenas para avaliação económica e sustentável do sector, mas também porque poderá revelar algumas lacunas na actuação e desempenho da actividade de manutenção, são de seguida feitas algumas propostas neste âmbito, que a empresa poderá adoptar:

- i) Contabilizar o custo associado à actividade correctiva com a actividade preventiva;
- ii) Percentagem do custo associado à substituição de peças ou equipamentos, com o custo associado a reparações;
- iii) Percentagem do custo de actividade de manutenção sobre o custo unitário da sua actividade, ex. custo de manutenção dividido pelo custo do m3 de água tratada e abastecida, quer para o SAA como para o SAR.
- iv) Percentagem do custo de manutenção sobre o custo geral da empresa, e do sector de operação.

## **5.9. Análise crítica ao sector da manutenção**

De acordo com a recolha de dados efectuada na empresa em estudo, nomeadamente ao sector da manutenção, passamos de seguida a apresentar um resumo das principais forças e fraquezas internas, controladas pela empresa, assim como, as principais oportunidades e ameaças externas que influenciam este sector, com especial incidência sobre a actividade da manutenção praticada no subsistema do Vale Douro Sul. O sistema de análise utilizada para a abordagem aqui apresentada foi baseada na análise SWOT <sup>2)</sup>.

A análise SWOT caracteriza-se por ser uma ferramenta que permite o planeamento estratégico de uma empresa ou de um sector, possibilitando uma análise conjunta dos aspectos positivos e negativos, quer internos como externos, que influenciam a posição competitiva e estrutural da sua actividade. Desta forma, esta análise irá permitir expor a envolvimento geral da empresa em foco, com a qual, facilmente podem ser evidenciadas medidas pró-activas de melhoria, que promovam o aumento competitivo e estrutural da organização.

Desta forma, passamos a apresentar na figura seguinte um resumo da análise SWOT feita ao sector de manutenção da AdTMAD, seguido da explicação detalhada dessa mesma análise.

---

<sup>2)</sup> SWOT - Representa uma ferramenta de gestão que reúne e avalia as forças (strengths), fraquezas (weaknesses), oportunidades (opportunities) e ameaças (threats), numa empresa.

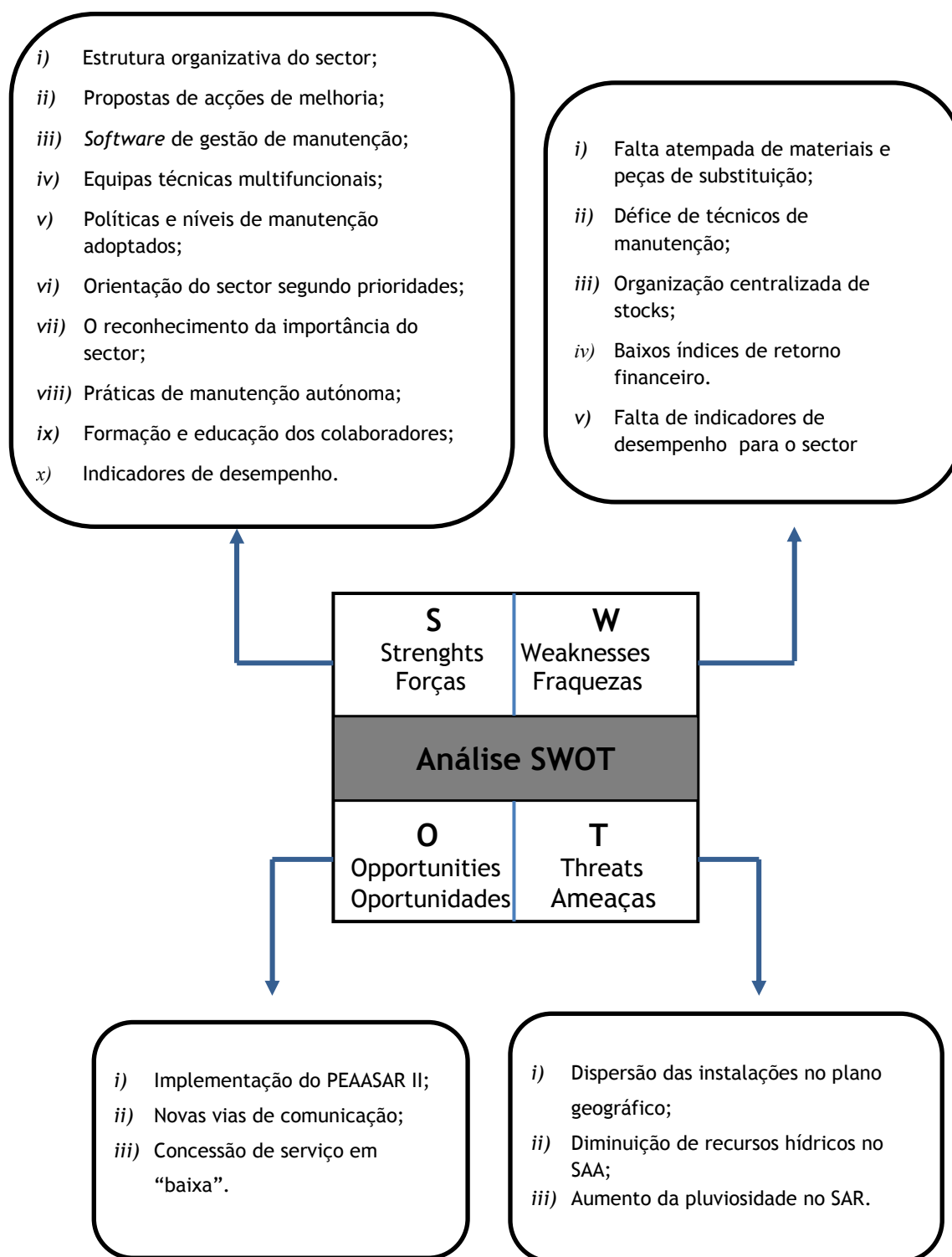


Figura 5.82 - Análise SWOT ao sector da manutenção da AdTMAD

## **Forças**

- i) A Estrutura organizativa do sector da manutenção revela ser uma mais-valia para a empresa, tendo em conta a descentralização do sector de actividade pelas cinco regiões de actuação. Denota-se que este tipo de organização promove a proximidade e rapidez de actuação às instalações produtivas, segundo a especificidade e nível de conhecimentos exigidos para a intervenção;
- ii) As propostas de acções de melhoria realizadas essencialmente pelos Operadores de produção e Técnicos de manutenção revelam uma atitude pró-activa e de motivação para com a actividade que estes desempenham, ajudando a empresa a alcançar os seus objectivos;
- iii) O *Software* de gestão e planeamento de manutenção representa uma ferramenta de grande utilidade, na medida em que facilita a organização do sector e promove o envolvimento e actuação da actividade de manutenção e operação no decurso das tarefas e actividades de manutenção;
- iv) As equipas técnicas multifuncionais de que a empresa dispõe, permitem que esta seja praticamente auto-suficiente na actividade de manutenção, conferindo uma maior celeridade no tempo de resposta às solicitações de manutenção;
- v) As políticas e níveis de manutenção adoptados promovem essencialmente a redução de avarias com a adopção de planos de manutenção preventiva e estabelece as funções e responsabilidades dos agentes que participam na actividade de manutenção;
- vi) A orientação do sector de manutenção, segundo prioridades, define linhas de actuação para a actividade de manutenção, promovendo a resposta do sector segundo a especificidade e urgência às solicitações de intervenção;
- vii) O reconhecimento da importância do sector para a empresa, promove o envolvimento e participação da gestão de topo na dinamização das actividades organizacionais do sector da manutenção, com o objectivo de alcançar as metas específicas do sector e gerais da empresa;
- viii) As práticas de manutenção autónoma, promovem a eficiência dos equipamentos, através da participação dos operadores para a execução de pequenas actividades de inspecção, lubrificação e limpeza, permitindo antecipar e alertar para potenciais problemas;

- ix) A formação e educação adoptada pela empresa promove, a aquisição de novos conhecimentos para os técnicos de manutenção, habilitando-os a agir de forma correcta e autónoma, promovendo as práticas de higiene, segurança e controlo ambiental intrínsecas à actividade;
- x) Os indicadores de desempenho, embora de uma forma limitada no que respeita à sua abrangência, denota-se o reconhecimento da sua importância por parte da organização, como forma de identificar e eliminar perdas de ineficiência nos equipamentos e instalações produtivos que possam comprometer os objectivos da empresa.

### **Fraquezas**

- i) A falta atempada de peças e materiais de substituição, condiciona o tempo de resposta na resolução de avarias. Verifica-se que o procedimento adoptado pela empresa para o serviço de compras, revela ser um tanto ou quanto burocrático, influenciando negativamente a actuação do sector da manutenção;
- ii) As equipas técnicas de manutenção, tendo em conta a dispersão das instalações no plano geográfico, denota-se serem em número insuficiente para responder às solicitações de carácter urgente;
- iii) Organização de stocks centralizada, com alguns materiais de baixo valor, influencia negativamente o tempo de resposta à resolução de avarias e induz ao aumento de custos com transportes entre o armazém e o local onde os materiais são necessários;
- iv) Os baixos índices de retorno financeiro, com a deficiente cobrança de facturas, compromete não só a sustentabilidade geral da empresa, assim como a celeridade na resposta às solicitações impostas ao sector de manutenção, com a disponibilidade de materiais.
- v) A falta de indicadores de desempenho para a organização e planeamento da manutenção, revela ser uma lacuna, na medida em que não se encontram definidos pela empresa indicadores que permitam conhecer o desempenho da gestão e planeamento do sector, assim como os custos associados à sua actividade geral.

### **Oportunidades**

- i) A Implementação do PEAASAR II, através das suas metas poderá permitir a sustentabilidade e dinamização do sector da manutenção, assim como a reabilitação das instalações produtivas na actividade do SAA e SAR. Tal facto poderá vir a traduzir-se na diminuição de avarias e consequente necessidade de acções de manutenção correctiva;
- ii) A construção de novas vias de comunicação, nomeadamente a conclusão das infra-estruturas rodoviárias na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, poderá diminuir o tempo e custo associado às deslocações dos técnicos de manutenção, permitindo o aumento da taxa efectiva de intervenções realizadas;
- iii) A concessão dos serviços em “baixa”, pela AdTMAD, permitirá à empresa realizar o serviço de abastecimento e tratamento de águas residuais directamente ao consumidor/produtor. Pensa-se que a prática deste serviço, poderá garantir a sustentabilidade financeira da empresa, na medida em que a cobrança das facturas será feita directamente aos Municípios, sem intermédio dos Municípios, possibilitando a recuperação integral dos custos incorridos com os serviços prestados.

### **Ameaças**

- i) Dispersão geográfica das instalações, resultante dos baixos aglomerados populacionais existentes na região, traduz-se num elevado esforço financeiro por parte da empresa no que respeita às deslocações inerentes à actividade dos técnicos de manutenção. Para além do exposto, verifica-se que limita as deslocações e consequente apoio dos Coordenadores de manutenção aos Responsáveis de manutenção, afectos às respectivas sub-regiões, e diminui o tempo de resposta às solicitações de manutenção;
- ii) Diminuição dos recursos hídricos disponíveis para o SAA, nomeadamente na época de Verão, compromete a actividade diária da manutenção no que respeita ao cumprimento dos planos de manutenção preventiva, na medida em que todos os esforços são canalizados para a instalação de equipamentos e soluções provisórias que evitem interromper o abastecimento de água às populações;
- iii) Aumento da pluviosidade para o SAR, traduz-se num aumento de avarias e consequente acréscimo de solicitação de manutenção correctiva, na medida em que juntamente com as águas residuais são arrastados um elevado número de detritos para as instalações de tratamento de águas residuais, aumentando as avarias nos equipamentos electromecânicos instalados.

# Capítulo 6

---

## Conclusão

Neste capítulo é feito um resumo das ilações retiradas no desenvolvimento do presente trabalho, com incidência sobre os objectivos atingidos. Pretende-se aqui, evidenciar a importância e contributo do tema em estudo para a melhoria da empresa em foco.



## **6. Conclusão**

### **6.1. Considerações finais**

O aumento da competitividade global, as crescentes variações de produtos, a grande inovação da tecnologia, a pressão pela redução dos custos de produção, o alto valor final dos produtos e a mudança das empresas para a pesquisa e desenvolvimento, têm sido um desafio importante para a gestão dos processos industriais, com a tarefa de criar sistemas eficientes e flexíveis, na tentativa de alcançar a produtividade, satisfação dos colaboradores e funcionamento estável nas condições dinâmicas que caracterizam o cenário competitivo actual.

Perante estas condições, o desempenho das organizações passa a não depender somente dos resultados individuais, mas tende a evoluir para um conceito mais abrangente de resultados por processos.

Nesse contexto, o desempenho final de cada organização deve ser avaliado no sentido de tornar possível a percepção das melhorias isoladas, contribuindo para a unificação da melhoria empresarial como um todo. Desta forma, todo o trabalho realizado deve ser desenvolvido em função da necessidade de servir mais e melhor o cliente.

A relevância da função manutenção nas organizações industriais está implícita de forma clara e objectiva no conceito global dos resultados alcançados pelos seus processos. A sua importância está definida e orientada pelo desempenho dos processos produtivos de qualquer organização, estando estes, por sua vez, dependentes da operacionalidade dos seus equipamentos.

Avarias e falhas nos equipamentos produtivos geram perdas, riscos de acidentes e danos ao meio ambiente, além de influenciarem negativamente os custos de qualquer empresa.

Conforme abordado ao longo deste trabalho, a manutenção de equipamentos e a confiabilidade das instalações, revelam-se factores importantes que afectam a capacidade das organizações na prestação de serviços de qualidade em tempo útil, permitindo a estas, demarcar uma posição diferenciadora nos mercados onde operam.

Atendendo à conjuntura empresarial actual, que se apresenta com níveis de competitividade muito elevados, denota-se uma forte responsabilidade e importância do sector da manutenção na concretização dos objectivos delineados por qualquer organização.

Com a realização deste trabalho, pretendeu-se demonstrar a importância da actividade da manutenção de um modo geral para qualquer sector de actividade industrial, e em particular para a empresa em estudo, que se insere no tecido empresarial do Estado.

Desta forma, com base nos conceitos teóricos pesquisados na literatura científica, pretendeu-se:

- i) Demonstrar a importância da execução e controlo da actividade de manutenção de uma forma rigorosa, controlada e organizada, com o objectivo de manter as instalações e seus equipamentos aptos, permitindo elevados níveis de rentabilidade;
- ii) Realçar a importância da gestão e planeamento da actividade de manutenção;
- iii) Procurar novas técnicas e métodos de actuação da manutenção, que permitam a confiabilidade, eficácia e eficiência dos equipamentos e instalações produtivas;
- iv) Demonstrar a importância que a manutenção planeada representa para a sustentabilidade empresarial;
- v) Realçar o contributo da manutenção para a preservação da saúde e segurança no trabalho de todos os colaboradores, e o seu impacto directo sobre o meio ambiente;
- vi) Demonstrar o necessário envolvimento e participação de todos os sectores da empresa em torno da função manutenção;
- vii) Realçar os benefícios decorrentes do entendimento entre o sector de manutenção e o sector de produção/operação, na promoção de uma cultura pró-activa que demonstre os benefícios estratégicos da participação total nas actividades de manutenção, como forma, de serem alcançados os objectivos delineados pela empresa.

Pelo exposto e considerando que as actividades de tratamento e abastecimento de água e tratamento de águas residuais, em quantidade e qualidade, devem ser entendidas como um dever para as empresas que operam neste sector e um direito fundamental para os cidadãos, passamos de seguida a apresentar um resumo dos contributos elencados ao longo do presente trabalho, especificamente que demonstram a importância do sector e actividade da manutenção para a empresa em estudo:

- i) A adequada gestão e actividade do sector de manutenção permitirá de uma forma directa promover a sustentabilidade da empresa, na medida que permite a contínua confiabilidade e disponibilidade das instalações operativas, promovendo o aumento do ciclo de vida dos equipamentos instalados. Diminuindo desta forma, a necessidade de investimentos com a substituição dos existentes;

- ii) A elevada componente tecnológica e a forte automatização dos processos de tratamento e abastecimento, de que a empresa dispõe, conduzem à inequívoca necessidade e importância que o sector da manutenção representa para o sector. Considerando que as instalações da empresa funcionam na sua grande maioria em modo automático, não dispondo em alguns casos de acompanhamento presencial de monitorização dos processos, a eficácia da manutenção representa uma garantia para a confiabilidade da actividade operacional da empresa;
- iii) O sector da manutenção, tal como referido por diversas vezes ao longo do presente trabalho, tem cada vez mais peso nas organizações, como importante aliado na promoção da disponibilidade, produtividade, competitividade, ou seja, no alcançar dos objectivos de qualquer organização. No entanto, para o sector de actividade da empresa em foco, associado a todos estes factores, acrescenta-se ainda a responsabilidade social sobre a saúde humana e a preservação ambiental. Esta responsabilidade deve ser entendida não só como um objectivo, mais sim como uma premissa incondicional da actividade da empresa. Também perante esta enorme responsabilidade o sector de manutenção deve ser assumido como um dos principais agentes que contribuem para a qualidade exigida no resultado dos processos produtivos. A adequada actuação do sector de manutenção, perante os equipamentos e instalações produtivas, garante que o abastecimento de água público é feito com elevados padrões de qualidade e quantidade, assim como, o processo de tratamento de águas residuais é realizado segundo a preservação da saúde pública e do meio ambiente;
- iv) Face à relevante contenção económica actual no nosso País, o sector da manutenção, concretamente nesta actividade empresarial, revela ser um aliado fundamental, na medida em que permite a optimização dos equipamentos produtivos, adequando-os às suas necessidades específicas. Nesta medida, o sector da manutenção permite reduzir custos excedentários, nomeadamente com investimentos em torno de novos equipamentos, assim como, através da implementação de soluções que permitam a redução de custos com energia eléctrica consumida;
- v) O sector da manutenção revela ser o agente principal na promoção da segurança humana e material das instalações produtivas. A manutenção regular, revela-se essencial para manter a segurança e fiabilidade dos equipamentos, na medida em que permite detectar e eliminar situações de perigo que possam provocar acidentes e/ou problemas de saúde aos colaboradores da empresa.

- vi) Por último, a actividade e o sector da manutenção revela ser um parceiro estratégico no cumprimento das metas estabelecidas com o programa de investimento PEAASAR II, actualmente em curso. Desta forma, podemos destacar a influência e contributo directo da manutenção nos objectivos propostos para a execução e concretização deste plano, através das seguintes metas: Aumento dos níveis de qualidade e serviço prestado pela empresa; Implementação de tarifas ao consumidor, justas, compatíveis com a sua capacidade económica; Renovar e reabilitar as instalações; Eliminar custos de ineficiência; Aumentar a produtividade e a competitividade do sector, com soluções que promovam a eficiência da empresa; Garantir a preservação e controlo da poluição provocada pelos processos e instalações produtivas.

No que respeita à filosofia TPM, abordada neste trabalho, muito embora a AdTMAD não assuma a total implementação desta filosofia na sua organização, denota-se como factor positivo e de estímulo para a actividade da manutenção, que esta adopta um conjunto de práticas associadas a esta metodologia, tais como:

**Manutenção autónoma** - verifica-se que a organização tem estipulado um conjunto de acções de manutenção que fazem parte das tarefas diárias que se encontram sob a responsabilidade dos Operadores produtivos. Esta autonomia, participação e envolvimento dos Operadores nas tarefas de manutenção, permite melhorar a eficiência das instalações e identificar a deterioração precoce dos equipamentos instalados, como forma de manter as condições operativas básicas dos equipamentos, promovendo a melhoria das actividades produtivas. Esta prática possibilita ainda, disponibilizar os técnicos de manutenção para as solicitações de maior complexidade e exigência técnica.

**A definição de competências e responsabilidades de actuação** - A clara definição de responsabilidades sobre as tarefas de manutenção, entre o sector de operação e manutenção, resulta no empenho e motivação dos seus colaboradores, através da participação pró-activa nas suas tarefas diárias, bem como, através das propostas de melhoria aos processos, sugeridas por estes;

**Manutenção planeada** - Com a implementação dos planos de manutenção preventiva, a empresa tende a consciencializar os seus colaboradores para a eliminação de paragens das suas instalações e processos decorrentes das avarias nos equipamentos, permitindo minimizar as falhas e defeitos ao menor custo.

**Educação e formação** - Verifica-se que esta prática é uma constante e uma prioridade na organização da empresa, na medida em que são desenvolvidas frequentes acções de formação com o objectivo de dotar os seus colaboradores de novas habilidades e conhecimentos, capacitando-os para agirem de forma correcta e autónoma nas actividades de manutenção.

**Manutenção de qualidade** - Esta prática é essencialmente desenvolvida pelos Operadores produtivos, através das suas tarefas de controlo dos processos de tratamento, em colaboração directa com os agentes que realizam análises à qualidade de água no decurso das etapas dos processos produtivos. Este tipo de acções permitem atestar a confiabilidade dos equipamentos, como forma de assegurar os padrões de qualidade necessários a cada etapa de tratamento, através da identificação das causas que possam induzir possíveis desvios. Estas actividades enquadram-se na verificação e análise dos resultados obtidos em comparação com os valores padrão previamente definidos, como forma de prevenir defeitos, antecipando a resolução de eventuais problemas.

**Controlo e melhorias iniciais** - Atendendo a esta prática, a empresa demonstra a sua receptividade nas opiniões dos seus colaboradores, através da valorização de novas ideias, permitindo a implementação de acções de melhoria e adequação dos equipamentos aos processos de tratamento, e assim, aumentar a sua produtividade. Com esta atitude, a empresa tende a aumentar a motivação dos seus colaboradores, promovendo uma cultura de valorização dos seus recursos humanos para alcançar os objectivos a que se propõe.

**Higiene, segurança e controlo ambiental** - Neste contexto, decorrente da exigência da actividade prestada pela AdTMAD, denota-se uma elevada preocupação por parte da empresa nas questões direccionadas para o controlo ambiental, na medida em que instrui e controla a actividade dos seus colaboradores nas tarefas de manutenção, nomeadamente na recolha de óleos usados, resultantes das tarefas de manutenção planeada, e pelas directrizes de actuação sobre o impacto ambiental decorrente da sua actividade. No que respeita às práticas de segurança e higiene, verifica-se que a empresa promove frequentemente acções de formação de sensibilização dos seus colaboradores para o uso de EPI's, como forma de evitar acidentes ou doenças que comprometam a sua actividade laboral na empresa. Sintomático da preocupação e importância que a AdTMAD confere a estas práticas, revela ser a sua certificação em Qualidade, Ambiente, Segurança e Saúde no trabalho.

Não obstante ao exposto, considera-se necessário que a empresa consolide a sua actuação sobre determinados aspectos que influenciam o sector da manutenção, como forma de aumentar os resultados práticos obtidos com as medidas anteriormente expostas. Para o efeito, sugere-se que a empresa direcione as atenções para as seguintes temáticas:

- i) Promover a celeridade na aquisição de materiais e peças de reserva, atendendo à sua disponibilidade atempada;
- ii) Redimensionar as equipas técnicas disponíveis para realizar tarefas de manutenção planeada;
- iii) Rever os planos de manutenção preventiva em uso na empresa;
- iv) Avaliar a eficácia na execução das acções de manutenção planeada, como forma de diminuir a actividade com acções correctivas;
- v) Reformular e complementar os indicadores de desempenho, nomeadamente para a actividade de planeamento e controlo dos custos de manutenção, permitindo de uma forma global, identificar focos de melhoria para actuação do sector da manutenção.

Atendendo a que actualmente a organização do sector de manutenção da empresa é orientado por grande parte das práticas que se inserem na filosofia TPM, pensa-se que a total implementação desta filosofia na estrutura da empresa, poderia revelar-se uma mais-valia importante, para o desempenho do sector da manutenção e consequentemente para a organização. Desta forma, considerando que a empresa tem já um caminho traçado neste sentido, dispondo de meios materiais, ferramentas de gestão e uma cultura incutida nos seus colaboradores, direccionada para estas práticas, com as grandes barreiras que conduzem ao insucesso desta filosofia, transportas, pensa-se que através da consolidação das práticas em uso e adopção das restantes medidas em torno desta metodologia, poderiam ser implementadas sem grandes dificuldades, e com reduzido esforço financeiro.

Por último, tal como defendem IRLANDA e DALE (2003), o sucesso na implementação da filosofia TPM inicia com o compromisso e reconhecimento por parte da gestão de topo, em torno das vantagens decorrentes da implementação das suas práticas, para a organização que a adopte.

Atendendo ao exposto, caso a AdTMAD venha a implementar esta filosofia na sua organização, sugere-se que o caminho traçado para o objectivo final, tenha como ponto de partida este pensamento.

Com este trabalho, pensa-se ter ficado demonstrada a importância que representa a actividade da manutenção na promoção da fiabilidade, eficácia e disponibilidade dos equipamentos e processos produtivos, como forma de garantir a sustentabilidade e

crescimento da empresa, sem a qual, não é possível alcançar os objectivos a que se propõe no contexto competitivo e de contenção orçamental da actualidade.

Com a abordagem a novas ideias e métodos aqui apresentados, espera-se poder vir a contribuir de uma forma activa e prática para a dinamização da actividade da manutenção dentro da empresa, bem como, reforçar a consciencialização de todos os agentes interventivos para que a manutenção é responsabilidade de todos, pelo que todos terão de encarar como um parceiro estratégico, a curto, médio e longo prazo, sem a qual, a viabilidade da empresa ficará certamente comprometida.

## **6.2. Proposta para trabalhos futuros**

Ao longo da elaboração da presente dissertação foram surgindo e tomando forma, algumas ideias para trabalhos futuros que se pensa poderem contribuir para a melhoria do sector de manutenção da empresa. De entre as quais, destaco:

- i) Avaliar os benefícios práticos no sector da manutenção com a implementação da filosofia TPM, através da comparação entre, o antes e o pós TPM.
- ii) Realizar uma análise comparativa ao desempenho da actividade de manutenção da região do Vale Douro Sul, com as restantes quatro regiões onde a empresa desenvolve a sua actividade, evidenciando as dificuldades do sector de manutenção decorrentes de cada região.
- iii) Realizar um estudo conjunto ao sector da manutenção da AdTMAD, com a actividade neste sector, desenvolvida pelas suas congéneres, pertencentes ao grupo Águas de Portugal, nomeadamente com a empresa, Águas do Douro e Paiva e Águas do Zêzere e Côa, que actuam nas regiões limítrofes na qual a AdTMAD se insere. Considerando que as linhas de orientação são as mesmas para todas as empresas pertencentes ao grupo AdP, pensa-se que este trabalho poderia estimular o desempenho da actividade de manutenção, através da troca de experiências e demonstração de resultados obtidos entre sectores que realizam a mesma actividade, dentro de empresas que apresentam os mesmos objectivos de actuação.

# **Referências**

---

Bibliográficas



## Referências Bibliográficas

Abd. S. Basari, Nanna S. Herman and Ariff Idris, Practical Database Design for Industrial Maintenance System. **IEEE n° 978**, p. 4244-6712, 2010.

Alexander Grigoriev, Joris Van de Klundert, Frits C.R. Spieksma, Modeling and solving the periodic maintenance problema. **European Journal of Operational Research n° 172**, p. 783-797, 2006.

Basari, A.S.H. ; Herman, N.S. ; Idris, A. Practical database design for industrial maintenance system. **IEEE Vol.3**, p.1337-1340, 2010.

Carlos Varela Pinto, **Organização e Gestão da Manutenção. Monitor - Projectos e Edições, Lda, 1999.**

Chouikhi, H. ; Dellagi, S. ; Rezg, N., Development and optimisation of a maintenance policy under environmental constraints. **International Journal of Production Research, Vol.50, n° 13**, p.3612-3620, 2012.

Divya Pandey, Makarand, S. Kulkarni and Prem Vrat, A methodology for simultaneous optimization of design parameters for the preventive maintenance and quality policy incorporating Taguchi loss function. **International Journal of Production Research, Vol.50, n°7**, p. 2030-2045, 2011.

E. Charlot, J.P. Kenne, S. Nadeau, Optimal production, maintenance and lockout/tagout control policies in manufacturing systems. **International Journal of Production Economics n° 107** p. 435-450, 2007

Enrico Zio, Michele Compare, Evaluating maintenance policies by quantitative modeling and analysis Reliability. **Engineering and System Safety, n° 109**, p.53-65, 2012.

F. Chan, H. Laub, R.Ip, H. Chan, S. Kong, Implementation of total productive maintenance: A case study. **International Journal of Production Economics n° 95**, p. 71-94, 2005.

F.I. Dehayem Nodema, J.P.Kenne, A.Gharbi, Simultaneous control of production, repair/replacement and preventive maintenance of deteriorating manufacturing systems. **International Journal of Production Economics n° 134**, p. 271-282, 2011.

Gadi Rabinowitz, Shai Goren, Abraham Mehrez, Scheduling two machines that require multiple types of maintenance, for a single operation. **European Journal of Operational Research** nº 127 p.546 - 564, 2000.

Geert Waeyenbergh, Liliane Pintelon, Maintenance concept development: A case study. **International Journal of Production Economics** nº 89 p.395-405, 2004.

Geert Waeyenbergh, Liliane Pintelon, A framework for maintenance concept development. **International Journal of Production Economics**, nº 77, p.299-313, 2002.

Hans LoKfsten, Measuring maintenance performance in search for a maintenance productivity index. **International Journal of Production Economics** nº 63, p. 47-58, 2000

I.Ahuja, J. Khamba, Total productive maintenance: literature review and directions. **International Journal of Quality and Reliability Management**, Vol. 25, nº 7, p. 709-756, 2008.

Imad Alsayouf, Maintenance practices in Swedish industries: Survey results. **International Journal of Production Economics** nº 121, p. 212-223, 2009.

Imad Alsayouf, The role of maintenance in improving companies productivity and profitability. **International Journal of Production Economics**, nº105, p. 70-78, 2007.

Jeonghwan Jeon, Chulhyun Kim & Hakyeon Lee, Measuring efficiency of total productive maintenance (TPM): a three-stage data envelopment analysis (DEA) approach. **Total Quality Management & Business Excellence**, Vol. 22, nº 8, p. 911-924, 2011

Jonsson, P. and Lesshammar, Maintenance Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - The role of OEE. **International Journal of Operation & Production Management**; Vol. 19, p.55 - 78, 1999.

K. Das, R.S. Lashkari, S. Sengupta, Machine reliability and preventive maintenance planning for cellular manufacturing systems. **European Journal of Operational Research** nº 183 p. 162-180, 2007.

K. Dhouib, A.Gharbi, M.N.Ben Aziza, Joint optimal production control/preventive maintenance policy for imperfect process manufacturing cell. **International Journal of Production Economics**, nº 137, p.126-136, 2012.

Kari Komonen, A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking. **International Journal of Production Economics** nº 79, p.15-31, 2002.

Kathleen E. McKone, Roger G. Schroeder, Kristy O. Cua, Total productive maintenance: A contextual view. **Journal of Operations Management** nº 17, p. 123-144, 1999.

Koochaki, Javid, Bokhorst, Jos A.C., Wortmann, Hans, Klingenberg, Warse, Condition based maintenance in the contexto of opportunistic maintenace. **International Journal of Production Research**, p.1-12, 2012.

M. Faccio, A. Persona, F. Sgarbossa, G. Zanin, Industrial maintenance policy development: A quantitative framework. **International Journal of Production Economics**, 2012.

M. Moradi, M. R. Abdollahzadeh, A. Vakili, Effects of Implementing 5S on Total Productive Maintenance: A case in Iran. **IEEE**, nº 978 p. 457-628, 2011.

Marcelo Rodrigues e Kazuo Hatakeyama, Analysis of the fall of TPM in companies, **Journal of Materials Processing Technology** nº179, p. 276-279, 2006.

Marie-Fabienne Fortin, José Côté e Françoise Filion, Fondements et Étapes du process de recherche. **Cheneliere Education, Montereal, CANADA**, 2006.

Mohamed-Chahir Fitouhi, Mustapha Nourelfath, Integrating noncyclical preventive maintenance scheduling and production planning for a single machine. **International Journal Production Economics**, nº 136, p.344-351, 2012.

Paolo Renna, Influence of maintenance policies on multi-stage manufacturing systems in dynamic conditions. **International Journal of Production Research**, Vol. 50, nº 2, p. 345-357, 2012.

Peter Muchiri, Liliane Pintelon, Ludo Gelders, Harry Martin, Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. **International Journal of Productin Economics** nº131, p. 295-302, 2011.

Peter N. Muchiri, Liliane Pintelon, Harry Martin and Anne-Marie De Meyer, Empirical analysis of maintenance performance measurement in Belgian industries. **International Journal of Production Research**, nº 48, p. 5905-5924, 2010.

S.Vanneste, L.Van Wassenhove, An integrated and structured approach to improve maintenance. **European Journal of Operational Research**, nº 82, p. 241-257, 1995.

Saad M.A.Suliman n, SayedHusainJawad, Optimization of preventive maintenance schedule and production lot size. **International Journal of Production Economics** nº 137, p. 19 - 28, 2012.

Shad Dowlatsahi, The role of industrial maintenance in the maquiladora industry: An empirical analysis. **International Journal of Production Economics**, nº 114 p. 298 - 307, 2008.

Shubin Si, Hongyan Dui, Zhiqiang Cai, Membe, and Shudong Sun, The Integrated Importance Measure of Multi-State Coherent Systems for Maintenance Processes. **IEEE Transactions On Reliability**, Vol. 61, No. 2, 2012.

Sophie Mercier, Hai Ha Pham, A preventive maintenance policy for a continuously monitored system with correlated wear indicators. **European Journal of Operational Research** nº 222, p. 263-272, 2012.

Sun, Kaibiao; Li, Hongxing, Scheduling problems with multiple maintenance activities and non-preemptive jobs on two identical parallel machines. **International Journal of Production Economics**, Vol.124, p.151-158, 2010.

Tangbin Xia, Lifeng Xi, Xiaojun Zhou, Jay Lee, Dynamic maintenance decision-making for series-parallel manufacturing system based on MAM-MTW methodology. **European Journal of Operational Research** nº221, p.231-240, 2012.

Wang Qingfeng, Liu Wenbin, Zhong Xin, Yang Jianfeng, Yuan Qingbin, Development and application of equipment maintenance and safety integrity management system. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries** nº 24, p. 321-332, 2011.

Yu-Chung Tsao, Tsung-Hui Chen and Qin-Hong Zhang, Effects of maintenance policy on an imperfect production system under trade credit. **International Journal of Production Research**, Vol. 51, nº 5, p. 1549-1562, 2012.